

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**
**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования**
**«Санкт-Петербургский государственный университет
аэрокосмического приборостроения»**

Экз. ____

На правах рукописи



Ручьев Анатолий Геннадьевич

**Модели и методики мониторинга реализации этапов
жизненного цикла продукции наукоемкого
приборостроения**

Специальность: 05.02.22 - Организация производства (радиоэлектроника и
приборостроение)

Диссертация на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Научный руководитель:
доктор технических наук, профессор Я.А.Ивакин

**Санкт-Петербург
2021**

Оглавление

Введение	3
Глава 1. Анализ современного состояния, перспектив развития информационно-мониторинговых сетей для продукции наукоемкого приборостроения как средств мониторинга реализации этапов жизненного цикла. Постановка задачи исследования	12
1.1. Состояние и перспективы развития информационно-мониторинговых сетей в интересах мониторинга реализации этапов жизненного цикла продукции наукоемкого приборостроения	12
1.2. Формирование и развертывание информационно-мониторинговых сетей продукции наукоемкого приборостроения	25
1.3. Научно - методический инструментарий моделирования и анализа информационно-мониторинговых сетей	50
1.4. Формулировка научной задачи исследования	56
1.5. Выводы по 1 главе	62
Глава 2. Разработка базовых моделей информационно-мониторинговых сетей реализации этапов жизненного цикла продукции наукоемкого приборостроения	64
2.1. Разработка модели синтеза структуры информационно-мониторинговой сети.....	64
2.2. Разработка модели оценки результативности информационно-мониторинговой сети продукции наукоемкого приборостроения	94
2.3. Способы применения базовых моделей информационно-мониторинговых сетей продукции наукоемкого приборостроения	112
2.4. Выводы по 2 главе	115
Глава 3. Разработка научно-методических средств мониторинга реализации этапов жизненного цикла продукции наукоемкого приборостроения	118
3.1. Разработка методики управления изменениями информационно-мониторинговой сети для продукции наукоемкого приборостроения	118
3.2. Разработка методики информатизации мониторинга этапов жизненного цикла продукции наукоемкого производства на базе цифровых двойников	146
3.3. Оценка эффективности результатов исследования	168
3.4. Выводы по 3 главе	178
Заключение.....	180
Список сокращений и условных обозначений.....	185
Словарь терминов.....	186
Список литературы	191
Приложение А	215
Приложение Б	224
Приложение В	232

Введение

Актуальность работы. В современных рыночных условиях предприятия наукоемкого приборостроения стремятся не только создавать и поставлять свои изделия потребителям, но и брать их на техническое обслуживание на основных этапах жизненного цикла и участвовать в утилизации на завершающих этапах. У предприятий наукоемкого приборостроения открывается новый, специфический рынок предоставления услуг по поддержанию процессов эксплуатации и восстановления технической готовности уже поставленных изделий. В интересах обеспечения организации, планирования и эффективного предоставления указанных услуг современные отечественные предприятия наукоемкого приборостроения активно разворачивают информационно-мониторинговые сети (ИМС) для поставленных потребителям приборных комплексов с целью мониторинга их состояния, технической готовности и уровня реализации мероприятий гарантийного и постгарантийного обслуживания. ИМС реализуют принцип «обратной связи предприятия наукоемкого приборостроения с потребителем», что позволяет снизить издержки и повысить эффективность применения изделий предприятия, а в конечном итоге, добиваться повышения уровня его производственной деятельности.

Однако сегодня процессы формирования и развертывания ИМС для продукции наукоемкого приборостроения, как средств мониторинга производственных процессов осуществляется на основе эмпирического опыта по междисциплинарному принципу. Этот факт ведет к необоснованным затратам при их создании, высокой итеративности процессов их перепроектирования и доработки, нерациональному характеру их дальнейшего использования. Укрепление же тенденции мирового приборостроения по поддержанию технической готовности сложных изделий за счет эксплуатационных услуг предприятий-производителей

объективно требует качественного совершенствования и высокой эффективности применения ИМС, как средств мониторинга реализации основных этапов жизненного цикла (ЖЦ) указанных изделий. Обеспечить удовлетворение данного требования возможно только вооружив процессы проектирования и развертывания ИМС изделий наукоемкого приборостроения научно-методическим инструментарием моделирования и анализа.

В рамках реализации Указов Президента Российской Федерации от 7 мая 2018 г № 204 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года» и от 21.07.2020 г. № 474 «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года», в том числе с целью решения задачи по обеспечению ускоренного внедрения цифровых технологий в экономике и социальной сфере, одной из основных задач промышленных предприятий, в частности ориентированных на наукоемкие отрасли производства, является повышение уровня цифровизации производственных процессов. На улучшение организации процессов на всех этапах ЖЦ производства наукоемкой продукции направлена Государственная программа «Развитие промышленности и повышение её конкурентоспособности», утвержденная Постановлением Правительства РФ от 15 апреля 2014 года №328, что определяет актуальность разработки информационных средств мониторинга этапов жизненного цикла продукции промышленных предприятий.

Актуальность темы исследования определяется необходимостью разрешения объективного противоречия между существующей потребностью в научно-методическом инструментарии моделирования ИМС для изделий наукоемкого приборостроения в интересах мониторинга реализации этапов их ЖЦ и недостаточным уровнем его развития в настоящий момент.

Степень разработанности темы исследования, направленного на повышение уровня производственной деятельности предприятий наукоемкого

приборостроения за счет применения и совершенствования соответствующих ИМС, как средств мониторинга реализации этапов ЖЦ выпускаемой продукции, характеризуется научной междисциплинарностью и определяется результатами научных работ ученых различных направлений. Методологической основой для разработки диссертации явились результаты следующих исследований:

- процессный подход к организации и анализу производства, раскрытый в работах Адлера Ю., Гарднера Р., Э.П. Райхмана, Е.Г. Семеновой, Х.Й. Миттага, Х. Ринне, В.А. Липатникова и др. На базе этого подхода в диссертационном исследовании произведена конкретизация моделей реализации этапов жизненного цикла изделий - продукции предприятий приборостроения;

- результаты научных работ по направлению развития методических и логико-алгоритмических моделей, средств оценки результативности организационно-производственных систем, разработанных в научных исследованиях К. Кернса, Т. Саати, Р.М. Юсупова, Б.Я. Советова, А.П. Ястребова, С.В. Богословского и др. Основные методы и модели этого направления легли в основу научно-методического аппарата мониторинга реализации этапов ЖЦ изделий в интересах обеспечения повышения уровня производственной деятельности предприятий приборостроения;

- объектно-ориентированный подход к разработке и созданию прикладного программного обеспечения современных высокосложных программных комплексов, развитый в трудах С. Макконелла, У. Харрисона, К.В. Кринкина, Я.А. Ивакина и др. На базе этого подхода проработаны и апробированы проблематика, пути и приемы автоматизации процесса мониторинга этапов жизненного цикла изделий наукоемкого приборостроения.

Цель работы – повышение уровня производственных процессов предприятий наукоемкого приборостроения за счет применения и совершенство-

вания информационно-мониторинговых сетей, как средств мониторинга реализации этапов жизненного цикла выпускаемой продукции.

Объект исследования – информационно-мониторинговые сети для продукции наукоемкого приборостроения, как средства мониторинга реализации этапов их жизненного цикла.

Предмет исследования - моделирование ИМС для продукции наукоемкого приборостроения в интересах улучшения мониторинга реализации этапов жизненного цикла такой продукции.

Задачи исследования:

1. Анализ принципов и особенностей организации наукоемкого приборостроения, определение роли и значения информационно-мониторинговых сетей для мониторинга реализации основных и поздних этапов жизненного цикла соответствующей продукции;

2. Разработка моделей синтеза структуры и оценки результативности информационно-мониторинговой сети для продукции наукоемкого приборостроения;

3. Обоснование и разработка методики управления изменениями информационно-мониторинговой сети для продукции наукоемкого приборостроения;

4. Выработка методики информатизации мониторинга этапов жизненного цикла продукции наукоемкого производства на базе цифровых двойников, дающей возможность адаптировать предлагаемый научно-методический аппарат к условиям цифровой экономики.

Методы исследований: в целях решения задач исследования применены методы структурной обработки данных, системного анализа, квалиметрии, информационно-структурной реконструкции и проверки статистической значимости, а также научно-методические средства обоснования решений по цифровизации и информатизации современного производства.

Тематика работы соответствует областям исследования: 1. «Разработка научных, методологических и системотехнических основ проектирова-

ния организационных структур предприятий и организации производственных процессов. Стратегия развития и планирования организационных структур и производственных процессов.»; 2. «Разработка методов и средств эффективного привлечения и использования материально-технических ресурсов и инвестиций в организацию производственных процессов»; 3. «Разработка методов и средств информатизации и компьютеризации производственных процессов, их документального обеспечения на всех стадиях»; 4. «Моделирование и оптимизация организационных структур и производственных процессов, вспомогательных и обслуживающих производств. Экспертные системы в организации производственных процессов»; 5. «Разработка научных, методологических и системотехнических принципов повышения эффективности функционирования и качества организации производственных систем. Повышение качества и конкурентно способности продукции, системы контроля качества и сертификации продукции. Системы качества и экологичности предприятий»; 10. «Разработка методов и средств мониторинга производственных и сопутствующих процессов», 11. «Разработка методов и средств планирования и управления производственными процессами и их результатами» паспорта специальности 05.02.22 – «Организация производства (радиоэлектроника и приборостроение)».

Основные положения, выносимые на защиту:

1. Модель синтеза структуры ИМС для продукции наукоемкого приборостроения;
2. Модель оценки результативности ИМС продукции наукоемкого приборостроения;
3. Методика управления изменениями ИМС для продукции наукоемкого приборостроения;
4. Методика информатизации мониторинга этапов ЖЦ продукции наукоемкого производства на базе цифровых двойников.

Научная новизна предлагаемых научных результатов заключается в:

1. Модель синтеза структуры ИМС для продукции наукоемкого приборостроения обеспечивает усовершенствование современного научно-методического аппарата проектирования и организации ИМС для указанной продукции путем учета геопространственных и статистических аспектов такого синтеза, что, в конечном итоге, повышает результативность мониторинга реализации этапов ЖЦ выпускаемой продукции.

2. Модель оценки результативности ИМС продукции наукоемкого приборостроения позволяет, в отличие от известных методов, повысить уровень производственных процессов предприятий наукоемкого приборостроения, за счет расширенного учета и сведения в единую вложенную структуру всего множества показателей результативности применяемых ИМС и контроля эффективности решений по управлению этими сетями.

3. Методика управления изменениями ИМС для продукции наукоемкого приборостроения, в отличие от известных, обеспечила рост обоснованности решений по конфигурированию указанных сетей за счет применения аппарата информационно-системологической реконструкции при моделировании указанных изменений.

4. Методика информатизации мониторинга этапов ЖЦ продукции наукоемкого производства на базе цифровых двойников обеспечивает усовершенствование процессов сбора и системного накопления данных по мониторингу реализации этапов ЖЦ для повышения уровня производственных процессов предприятий наукоемкого приборостроения.

Обоснованность и достоверность научных результатов обусловлена учетом научных достижений предметной области, анализом, типизацией и обобщением в диссертации полного круга различных научных подходов. Достоверность выносимых на защиту научных результатов обеспечивается корректным использованием апробированного в научной практике исследовательского аппарата, подтверждается данными апробаций и экспериментиро-

вания, фактами внедрения результатов на предприятиях наукоемкого приборостроения.

Практическая значимость заключается в:

- развитии научно-методического аппарата и программных средств проектирования и организации ИМС для продукции наукоемкого приборостроения;
- дополнением процедур оценки результативности ИМС продукции наукоемкого производства инструментарием сведения соответствующих частных показателей в интегральный по иерархической схеме вложенности;
- снижении итеративности процесса формирования ИМС для конкретных видов продукции приборостроения;
- выработке научно-методического и проектно-технологического аппарата, развития производственных процессов предприятий наукоемкого приборостроения посредством обратной связи с потребителями путем мониторинга реализации основных и поздних этапов жизненного цикла выпускаемых приборов;
- поддержании цифровизации отечественного высокотехнологичного производства;
- снижении затрат на сопровождение продукции наукоемкого приборостроения на основных и поздних этапах её жизненного цикла.

В ходе диссертационного исследования разработан базовый стандарт предприятия «Организация производственных процессов с использованием результатов мониторинга реализации основных и поздних этапов жизненного цикла поставляемых изделий», который определяет методики и процедуры развертывания информационно-мониторинговых сетей для продукции наукоемкого приборостроения, организацию сбора, накопления и обработки данных из таких сетей в интересах повышения уровня производственных процессов предприятия. Стандарт апробирован, внедрен и полностью реализован на предприятии АО «Концерн «ОКЕАНПРИБОР».

Личный вклад автора состоит в непосредственной разработке моделей синтеза структуры и оценки результативности ИМС продукции наукоемкого производства, методики управления изменениями указанной сети. Также им самостоятельно разработаны: методика информатизации мониторинга этапов жизненного цикла продукции наукоемкого производства на базе цифровых двойников, стандарт «Организация производственных процессов с использованием результатов мониторинга реализации основных и поздних этапов жизненного цикла поставляемой продукции» в качестве базового для приборостроительных предприятий. Все положения, выносимые на защиту, и выводы, представленные в диссертации, получены автором самостоятельно. Автор лично реализовал апробацию и публикацию научных результатов исследования.

Реализация работы: Научные результаты исследования апробированы, внедрены при организации и совершенствовании процессов разработки, производства и поставки продукции наукоемкого приборостроения, что подтверждается актами внедрения в АО «Концерн «ОКЕАНПРИБОР», ООО «Научно-производственная компания «Технологии. Инвестиции. Менеджмент», АО «Лазерные системы». Научные результаты внедрены в ФГБУН «Санкт-Петербургский Федеральный исследовательский центр Российской академии наук», а также в образовательный процесс ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения».

Апробация. Научные результаты диссертационной работы докладывались и обсуждались на 7 Международных научных и научно-практических конференциях и научных семинарах.

Публикации. По теме диссертации опубликовано 16 работ, из них: 5 - без соавторов, 8 статей в ведущих рецензируемых научных журналах, 1 публикация в изданиях, входящих в международные реферативные базы данных и системы цитирования, 7 статей в других изданиях.

Объем и структура диссертации. Диссертация состоит из введения, трех глав, заключения, списка использованной литературы, содержащего 252 наименования, и трех приложений. Основной текст диссертации представлен на 214 страницах, включая 21 таблицу и 36 рисунков. Общий объем диссертационной работы с учетом приложений составляет 240 страниц.

Глава 1. Анализ современного состояния, перспектив развития информационно-мониторинговых сетей для продукции наукоемкого приборостроения как средств мониторинга реализации этапов жизненного цикла. Постановка задачи исследования

1.1. Состояние и перспективы развития информационно-мониторинговых сетей в интересах мониторинга реализации этапов жизненного цикла продукции наукоемкого приборостроения

Производство наукоемкого приборостроения – это высокосложные и дорогостоящие приборы и изделия, поддержание технической готовности которых сопряжено со спецификой их создания, установки, пуско-наладки и комплексной стыковки на объекте эксплуатации. Примерами изделий такой продукции служат [21,31,39,45,48,98,99,108,127,129,135,155,159-164]:

- различные автоматизированные системы диспетчеризации пространственных процессов в районах основных аэропортов страны (как правило, это адаптированные для специфики географического расположения аэропорта и привязанных к нему воздушных зон сложные комплексы зондирующей радиолокационной, навигационно-телеметрической, телекоммуникационной и программно-вычислительной аппаратуры);

- комплексы бортовой авионики современных дальнемагистральных авиалайнеров, т.н. «мостиковые» системы современных судов дальней морской зоны и пр. (представляют собой интегрированные системы, включающие: радиолокационную и(или) гидроакустическую, различных частотных диапазонов, аппаратуру, комплексы автоматики в управлении энергетическими установками (двигателями), навигационные и поисковые средства, подсистемы дальней радиосвязи;

- современные комплексы управления объектами высокомошной энергетики (включают в себя и взаимосвязывают : автоматизированные системы управления основным производственным циклом, подсистемы управления инфраструктурой безопасности и контроля периметра объекта, средства экологического мониторинга и пр.);

и другие.

Очевидно, что строгих и однозначных критериев отнесения продукции приборостроения к наукоемкой на сегодняшний день не существует. Можно сформулировать следующие классификационные признаки, позволяющие отнести продукцию приборостроения к наукоемкой:

1. Соответствие передовым достижениям современной научной мысли, свойственной предметной области применения продукции, а также лучшим мировым технологическим и техническим практикам на текущий момент;

2. Высокая сложность исполнения продукции, предопределяющая необходимость целенаправленной реализации на основных этапах жизненного цикла мероприятий по поддержанию её технической готовности, необходимость специализированной подготовки (доподготовки) эксплуатантов;

3. Превалирование в стоимости итогового изготовления продукции прибавочной стоимости от трудозатрат разработчика-изготовителя;

4. Наличие индивидуальной специфики в изготовлении, установке и комплексной стыковке на объекте применения; невозможность полной типизации продукции в серии (партии).

В современных рыночных условиях предприятия наукоемкого приборостроения стремятся не только создавать и поставлять свои изделия потребителям, но и брать их на техническое обслуживание на основных этапах жизненного цикла и участвовать в утилизации на завершающих этапах. Этот подход вызван к жизни и в полной мере соответствует

современной экономико-маркетинговой концепция «Формирования потенциального потребителя», описанной в [2,9,11,14]. Данная тенденция объективно предопределяется высокими сложностью эксплуатации и стоимостью продукции наукоемкого приборостроения. В свою очередь, у предприятий наукоемкого приборостроения открывается новый, специфический рынок предоставления услуг по поддержанию процессов эксплуатации и восстановления технической готовности уже поставленных изделий. В интересах обеспечения организации, планирования и эффективного предоставления указанных услуг современные отечественные предприятия наукоемкого приборостроения активно развертывают информационно-мониторинговые сети для поставленным потребителям приборных комплексов (своей продукции) с целью мониторинга их состояния, технической готовности и уровня реализации мероприятий гарантийного и постгарантийного обслуживания (т.е. полноты реализации процессов основных и поздних этапов жизненного цикла продукции).

Поддержание работоспособности и требуемых технических характеристик на основных этапах жизненного цикла есть задача не только эксплуатирующего персонала, но и разработчиков, производителей, а также организаций, осуществляющих авторский надзор и техническое обслуживание. (Здесь и далее последние три категории обобщаются под понятием «поставщики») Именно в целях повышения оперативности информирования поставщиков о возникающих эксплуатационных проблемах в использовании и ремонте изделий наукоемкого приборостроения, поддержания высокого уровня практической подготовки эксплуатантов стало необходимо создание соответствующих информационно-логистических подсистем для систем эксплуатации (по ГОСТ 25866-83) изделий указанного вида техники – информационно-мониторинговых сетей данных о ходе эксплуатации и поддержания технической готовности продукции наукоемкого приборостроения.

Сегодня традиционные виды организации систем эксплуатации изделий наукоемкого приборостроения испытывает изменения, вызванные реали-

ями современной экономики, развитием IT-технологий и всеобщей цифровизацией практически всех сторон жизни современного общества. Также изменяются роль и степень участия организаций-поставщиков (разработчиков и производителей) на всех этапах жизненного цикла продукции наукоемкого приборостроения, разрабатываются и применяются новые виды, способы поддержания годности к применению по назначению и способности к функционированию указанной продукции [11,36,87,88,94,157-161].

В современных условиях традиционные формы поддержки эксплуатантов и периодических мероприятий технического надзора, реализуемые поставщиками наукоемкого приборостроения, не удовлетворяют и не могут удовлетворять эксплуатантов в поддержании технической готовности указанной продукции. Именно этот факт наглядно показывает, что необходимость в создании соответствующих информационно-мониторинговых сетей для сбора, систематизации и обобщения данных эксплуатации продукции наукоемкого приборостроения на основных и поздних этапах их жизненного цикла объективно назрела.

Наличие сформированных и систематизированных данных из такой информационно-мониторинговой сети позволяет значительно облегчить решение смежных вопросов с эксплуатацией продукции наукоемкого приборостроения: поддержание уровня знаний и первичных навыков эксплуатирующего персонала (эксплуатантов), удешевление мероприятий профилактических и восстановительных ремонтов, рационализация логистики обеспечения комплектующими элементами и запасными частями, поддержка продвижения продукции наукоемкого приборостроения на новые рынки сбыта и т.д.[36,60,89,159-164]. Как правило, целью формирования информационно-мониторинговой сети данных о ходе эксплуатации и поддержания технической готовности продукции наукоемкого приборостроения является информационно-телекоммуникационная и логистическая поддержка функций формирования, слияния (от англ.- *fusion*) и хранения данных о ходе применения по назначению и поддержанию эксплуатационных характеристик указанной

продукции. К таким данным относятся сведения о реализации ремонтных работ, соответствующих мероприятий техобслуживания, авторского надзора, а также об особенностях эксплуатации и специфических событиях при работе приборов из указанной продукции (аварии, отказы, сбои и пр.). Также одной из целей создания указанных сетей является поддержание «обратной связи» между поставщиками и конечными эксплуатантами, которая выражается в удаленной информационной поддержке компетенциями реализаций нетипичных ремонтов, экспертирования отказов продукции наукоемкого приборостроения, подпроцессов подготовки эксплуатирующего персонала к работе на отдельных изделиях этой продукции и т.д.[157].

Проведенное в ходе диссертационного исследования обобщение материалов [87,88,94,157-164] по уже существующим и развернутым информационно-мониторинговым сетям продукции наукоемкого приборостроения позволило сделать вывод, что актуальными задачами, решаемыми такими сетями, являются:

- непрерывный подбор(сбор) и актуализация текущих формализованных данных о текущем техническом состоянии, работоспособности и возникающих отказах приборного состава мониторируемой продукции;
- накопление генерализованной базы данных (БД) по актуальному и ретроспективным состояниям мониторируемой продукции наукоемкого приборостроения, применительно к различным условиям и специфике эксплуатации;
- поддержание сводной БД по ходу реализации основного и поздних этапов жизненного цикла мониторируемого вида (типа, серии, партии и пр.) продукции наукоемкого приборостроения;
- предоставление возможности статистически значимого исследования надежности показателей (т.е. среднего времени наработки на отказ, вероятности безотказной работы и т.д.) для соответствующих групп комплектующих, составных частей или изделий из одной партии продукции;

- создание основ для формирования проектов ТЗ на проведение работ по восстановлению и поддержанию технической готовности продукции наукоемкого приборостроения, выполняемых организациями приборостроения на изделиях, переданных потребителю в эксплуатацию;

- обоснование и надзор за распределением ресурсов для подпроцессов поддержания технической готовности продукции наукоемкого приборостроения и пополнения соответствующего ЗИП;

- создание информационно-коммуникационной платформы для быстрого и прямого консультирования эксплуатантов по нетиповым вариантам выполнения сложных ремонтов и устранения отказов;

- сбор данных о возникающих профессионально-специфических, эвристических приемах, навыках и умениях устранения неисправностей, с целью дальнейшей подготовки эксплуатантов, разработки и доведения до соответствующих учебных центров обоснованной информации по возможным методикам восстановления работоспособности продукции;

- популяризация и репрезентация данных о качественно новых возможностях вновь разработанной и созданной аппаратуры продукции наукоемкого приборостроения, продвижение услуг по применению продукции наукоемкого приборостроения на коммерческой основе;

- диспетчеризации в реальном времени запасами подменных фондов аппаратуры, отдельных приборов и элементов для оперативно ремонтируемых изделий наукоемкого приборостроения, находящихся на объектах эксплуатации;

- обновление и поддержание в актуальном состоянии интерактивных электронных технических руководств (ИЭТР) и соответствующей интерактивной конструкторской и эксплуатационной документации на продукцию наукоемкого приборостроения и их составные части.

Широкое формирование информационно-мониторинговых сетей данных о ходе эксплуатации и поддержания технической готовности продукции наукоемкого приборостроения также вызвано к жизни появлением новых форм поддержания технической готовности указанной продукции, таких как удаленная корректура бортового программного обеспечения, систематиче-

ское отзывное обслуживание отдельных блоков и узлов приборов и пр. При этом в рамках указанных мероприятий поддержания техготовности продукции к применению по назначению эксплуатирующий персонал, рассматривается как итоговый, квалифицированный пользователь, т.е. как «чистый» эксплуатант продукции наукоемкого приборостроения (не имеющий отношения к его техническому обслуживанию) [157,161,164].

Развертывание таких информационно-мониторинговых сетей осуществляется с использованием информационной технологии «социальных» сетей на основе т.н. «транспортных» инфотелекоммуникационных возможностей глобальной сети Internet. В отдельных случаях, наиболее состоятельные компании позволяют себе создание выделенных информационно-«транспортных» каналов, сетей или подсетей. Как правило, в большинстве практических случаев телекоммуникационной базой формирования такой сети выступают универсальные каналы телекоммуникационной связи (т.е. Internet-каналы), реализуемые на основе транспортного протокола обмена информацией TCP/IP.

Технически любая информационно-мониторинговая сеть продукции наукоемкого приборостроения есть географически-распределенная вычислительная сеть, транспортно-информационными узлами которой выступают строго определенные компьютерные станции в территориальных подразделениях компании-поставщика (или дочерней компании, реализующей практику работ по пуско-наладке, эксплуатационных и ремонтных работ на объектах размещения) продукции наукоемкого приборостроения или абонентские автоматизированные рабочие места эксплуатантов-потребителей указанной аппаратуры, реализуемые в рамках клиент-серверной архитектуры по технологии тонкого клиента. Таких логических уровней декомпозиционной организации может быть несколько. Нижнем звеном указанной логической декомпозиции сети выступает программный абонент, ассоциированный с эксплуатантом, воплощаемый на соответствующем ноутбуке или планшетном компьютере, находящемся на объекте размещения изделия продукции наукоемкого приборостроения. Эксплуатант в процессе применения указанной продукции реализует внесение текущей формализованной информации

по особенностям эксплуатации каждого контролируемого изделия наукоемкого приборостроения. Он и представители компании поставщика также имеют возможность получать указанную информацию в генерализованном и интегрированном виде в соответствующих узлах информационно-мониторинговой сети, как правило, ассоциированных со структурными подразделениями (отделами) компаний, которые реализуют всю работу по поддержанию технической готовности и эксплуатационной применимости поставленной продукции наукоемкого приборостроения на местах. Наглядно понять существо приведенного тезиса можно рассмотрев пример одного из вариантов информационно-мониторинговой сети на Рисунке 1.1.1.



Рисунок 1.1.1. – Пример пространственной реализации информационно-мониторинговой сети конкретного вида продукции наукоемкого приборостроения

Функционально информационно-мониторинговая сеть данных о ходе эксплуатации и поддержания технической готовности продукции наукоемкого приборостроения есть систематизированная иерархия согласованных между собой программно-аппаратных комплексов, позволяющих реализовать соответствующие распределенную базу данных и единое информационно-телекоммуникационное пространство.

Централизованным хранилищем основных образов упорядоченных и актуализированных данных по ходу эксплуатации и поддержанию заданного уровня технической готовности продукции наукоемкого приборостроения, как правило, является соответствующий центр хранения данных, он же Data-центр, реализуемый на аппаратных средствах головного изготовителя соответствующей серии указанной техники. Функциональные узлы информационно-мониторинговой сети по логико-функциональному наполнению и масштабу агрегируемой эксплуатационной информации ставятся в соответствие с уровнями в системе управления организации-эксплуатанте. Логико-организационная структура типовой информационно-мониторинговой сети данных о ходе эксплуатации и поддержания технической готовности продукции наукоемкого приборостроения представлена на Рисунке 1.1.2.

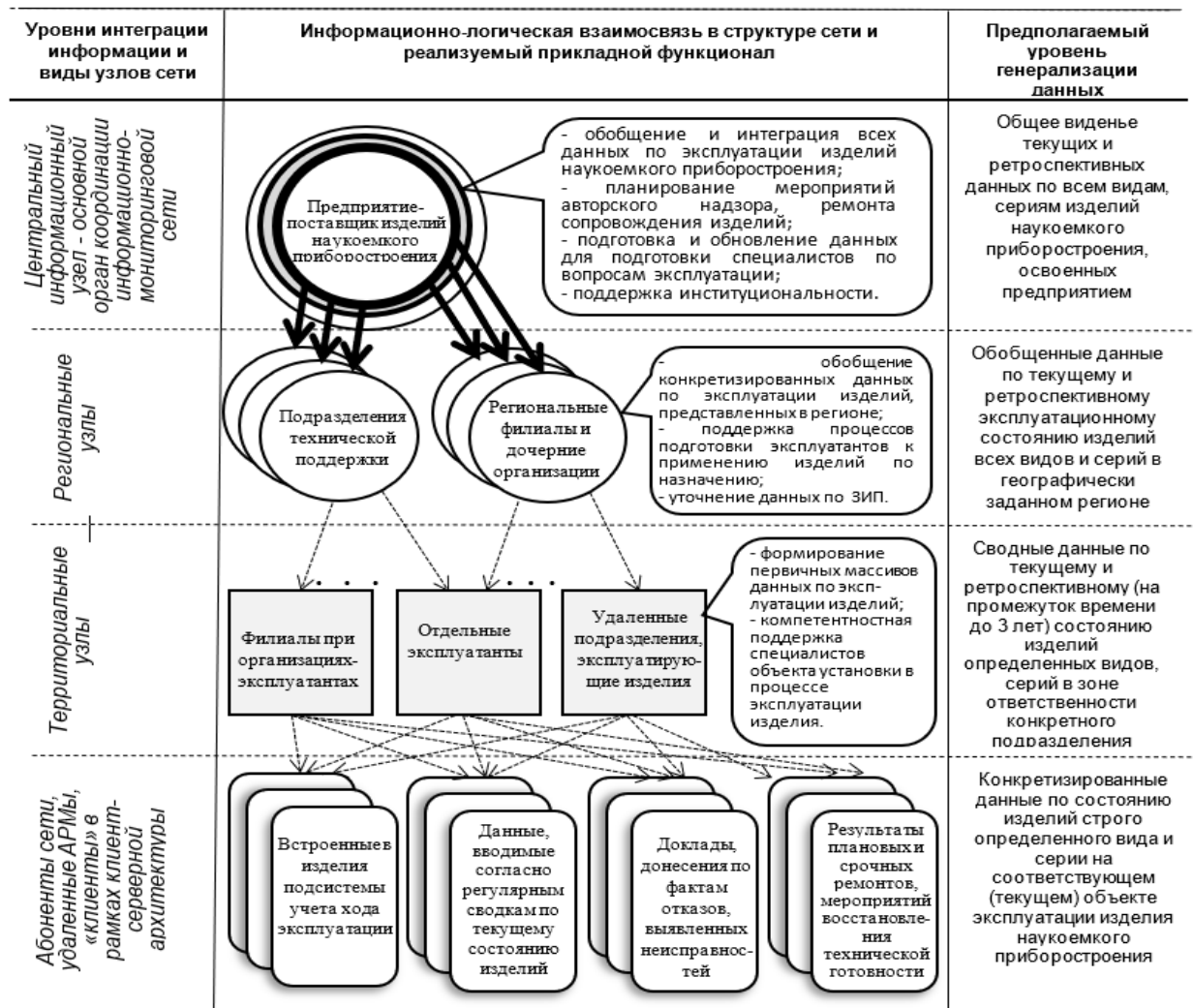


Рисунок 1.1.2.- Инфологическая структура информационно-мониторинговой сети данных о ходе эксплуатации и поддержания технической готовности продукции наукоемкого приборостроения

Организационно, как правило, информационно-мониторинговые сети выступают не только распределенными средствами сбора и накопления информации об актуальном и ретроспективном состоянии поставленной заказчиком продукции наукоемкого приборостроения, но и средством обмена данными между эксплуатантами-профессионалами по вопросам особенностей хода применения того или иного изделия. В контексте любой информационно-мониторинговой сети возможен двусторонний обмен информацией между опытными и молодыми эксплуатантами в форматах чата, форума, известных из общедоступных социальных сетей. Этот факт предоставляет огромные возможности для всестороннего интеллектуального анализа не только информации по эксплуатации продукции, но и компетентностных, психологических, когнитивных, эмоциональных и пр. факторов в среде специалистов-эксплуатантов конкретного вида или серии продукции наукоемкого приборостроения. При текущем бурном развитии информационных технологий такого научного направления современной информатики как Big Data, описанных детально, например, в [92,95,213-214], воплощение в практику методов указанного интеллектуального анализа является перспективным и плодотворным. Очевидно, что представленная типовая инфологическая структура информационно-мониторинговой сети данных о ходе эксплуатации и поддержания технической готовности продукции наукоемкого приборостроения обеспечивает также функционал поддержки удаленно-критериального диагностирования и прогнозирования работоспособности отдельных единиц продукции наукоемкого приборостроения [8,9]. Этот факт дает возможность предприятиям -поставщикам (производителям) воплотить в жизнь полноценную дистанционную поддержку эксплуатантов и их мероприятий по поддержанию функциональной целостности (работоспособности) на всех этапах жизненного цикла рассматриваемой продукции. Также это обеспечивает полновесную, оперативную помощь эксплуатантам компетенциями при реализации мероприятий технического обслуживания и текущего ремонта единиц указанной продукции.

Традиционно формирование, расширение и переконфигурирование информационно-мониторинговых сетей данных о ходе эксплуатации и под-

держания технической готовности продукции наукоемкого приборостроения реализуются путем воплощения в жизнь следующих мероприятий:

- формирование программных компонент и комплексов в узлах информационно-мониторинговой сети, учитывающее территориальный и прикладной масштаб охватываемых объектов эксплуатации, компаний-потребителей поставляемой аппаратуры. Воплощение в жизнь работ этого направления базируется на обосновании типового состава программно-информационного обеспечения для каждого вида узлов информационно-мониторинговой сети, а также создания специальных программных компонент для спецзадач;

- разработка архитектуры, построение и комплексирование центрального узла (т.е. информационного Data-центра) информационно-мониторинговой сети на платформе организации-поставщика продукции наукоемкого приборостроения, реализующего управление всей совокупностью работ по поддержанию процессов эксплуатации изделий указанной продукции;

- развертывание информационно-мониторинговой сети на практике, что заключается в монтаже и пуско-наладке вышеописанных программно-аппаратных комплексов в региональных и территориальных подразделениях организации-поставщика или дочерней организации, воплощающей в жизнь эксплуатационные работы на объектах установки изделий продукции наукоемкого приборостроения, а также наладка коммуникационных связей с центральным узлом информационно-мониторинговой сети;

- комплексирование составных частей и отработка функциональной работоспособности информационно-мониторинговой сети, конкретизация и увеличение номенклатуры реализуемых функций прикладного программно-информационного обеспечения для узлов и абонентов (конечных, терминальных потребителей услуг), последовательное увеличение охвата и сервисов сети;

- качественное и количественное улучшение прикладного функционала узловых программно-аппаратных комплексов в структуре информационно-мониторинговой сети, рост общесистемного и интерфейсного функционала для удаленного сопровождения процессов поддержания технической готовности продукции наукоемкого приборостроения.

В свою очередь, именно информационно-мониторинговые сети воплощают в жизнь т.н. «принцип обратной связи предприятия наукоемкого приборостроения с потребителем». Это, в конечном итоге, позволяет добиться снижения издержек эксплуатации, совершенствования производственных процессов и конструкции создаваемых аппаратных комплексов, а также роста результативности применения продукции наукоемкого приборостроения, обеспечения высокого уровня производственной деятельности соответствующих предприятий.

Современное, активное развертывание множества информационно-мониторинговых сетей для продукции наукоемкого приборостроения открывает самые широкие горизонты не только для выше представленной логистической поддержки процессов поддержания технической готовности указанной продукции, но и дает базу для инкорпорирования соответствующих программно-информационных технологий в такие процессы. Это следующие программно-информационные технологии:

- обработка данных по эксплуатации, имеющих геопространственное представление, репрезентация интегральных показателей по текущему состоянию технической готовности продукции наукоемкого приборостроения, обеспеченности резерва по запасному имуществу и принадлежностям (ЗИП), потенциалу подменных фондов аппаратуры и подразделений гарантийного и постгарантийного обслуживания на объектах эксплуатантов в геопространственно-координированном варианте [99,129];

- программный инструментарий соответствующей аналитики и транспортной логистики обеспечения комплектующими, в части рационализации запасов типовых элементов замены (ТЭЗ) [109,114,119];

- статистически значимой интеграции данных по отказам продукции наукоемкого приборостроения, воплощающей в жизнь последние научные результаты т.н. мягких вычислений.

Фундаментальная организационно-логическая и базовая техническая политика создания и развития информационно-мониторинговых сетей данных о ходе эксплуатации и поддержания технической готовности продукции наукоемкого приборостроения лежит не в сфере замкнутого проектного под-

хода, а в сфере плано-эволюционного развития. То есть, указанные сети в практике должны и реально создаются не по единому проектному акту с каскадной моделью разработки, реализации и формирования, а последовательным путем создания базовых программных и аппаратных решений для различных типов узлов сети, с дальнейшим плано-поступательным внедрением на объекты эксплуатации или в зонах ответственности региональных (территориальных) подразделений компании гарантийного-постгарантийного обслуживания [157,159,161].

Таким образом, информационно-мониторинговые сети данных о ходе эксплуатации и поддержания технической готовности продукции наукоемкого приборостроения сегодня являются информационной и технической базой для реализации как политики государства, так и компаний-производителей в сфере поставки и эксплуатации дорогостоящих изделий наукоемкой аппаратуры на всех этапах жизненного цикла. Очевидны перспективы развития информационно-мониторинговых сетей в интересах мониторинга реализации этапов жизненного цикла продукции наукоемкого приборостроения, как базы для повышения уровня производственных процессов соответствующих предприятий. Дальнейшее формирование, развитие и качественное совершенствование информационно-мониторинговых сетей данных о ходе эксплуатации и поддержания технической готовности различных видов продукции наукоемкого приборостроения есть насущная потребность текущей практики эксплуатации и поддержания технической готовности указанных дорогостоящих изделий, так как суммарный рост возможностей таких сетей объективно дает ощутимое улучшение как процессов эксплуатации, так и процессов практического применения по назначению продукции наукоемкого приборостроения.

1.2. Формирование и развертывание информационно-мониторинговых сетей продукции наукоемкого приборостроения

1.2.1. Программно-техническая и телекоммуникационная основа информационно-мониторинговых сетей для продукции современного приборостроения

Проектирование и развертывание информационно-мониторинговых сетей для продукции современного наукоемкого приборостроения осуществляется на различных предприятиях и для различных типов, видов изделий по различным методикам и способам. Как правило, предприятия имеют базовый вариант методик проведения работ по развертыванию информационно-мониторинговых сетей для различных серий и партий своей продукции, закрепляемых в рамках системы менеджмента качества предприятия. Пример такой базовой методики приведен в Приложении А.

Информационно-мониторинговые сети для продукции наукоемкого приборостроения, как средства мониторинга реализации основных этапов её жизненного цикла, в основе своей имеет соответствующие общесистемные программно-технические и телекоммуникационные решения, базирующиеся на основе низкоуровневого протокола обмена информацией TCP/IP в глобальной сети Internet. При этом само организационно-техническое и программно-технологическое обособление информационно-мониторинговой сети сопряжено с решением вопросов абонентской адресности, конфиденциальности и информационной безопасности как пользователей сети, так и предприятия-производителя продукции наукоемкого приборостроения.

В частности, информационно-мониторинговая сеть это не просто подсеть глобальной сети, организованная как простая «социальная сетка», а это полноценная открытая информационная система, реализующая в своей базовой телекоммуникационной (информационно-транспортной) основе все принципы юридически значимого электронного документооборота. На Рисунке 1.2.1. показаны основные элементы и функции по обособлению про-

цессов сбора данных от абонентов-эксплуатантов продукции, передачи их посредством глобальной сети для обработки в прикладных программных системах за счет применения соответствующих методов удостоверения квалифицированных электронных цифровых подписей пользователей информационно-мониторинговой сети. При этом предполагается также обеспечение синхронизации всех процессов в рамках указанной сети за счет использования единого источника точного времени, а также наличие отдельных выделенных каналов синхронизации информационных процессов и оперативной связи между центральным, региональными и территориальными узлами.

Организационно-информационное обособление информационно-мониторинговой сети в рамках глобальной сети достигается за счет диспетчеризации процессов обмена между абонентами-эксплуатантами и узлами в подразделениях производителя изделий со стороны специализированного ПАК контроля и координации информационно-мониторинговой сети, разворачиваемого на базе центрального информационного узла указанной сети (т.е. непосредственно на предприятии-изготовителе) [157, 161].

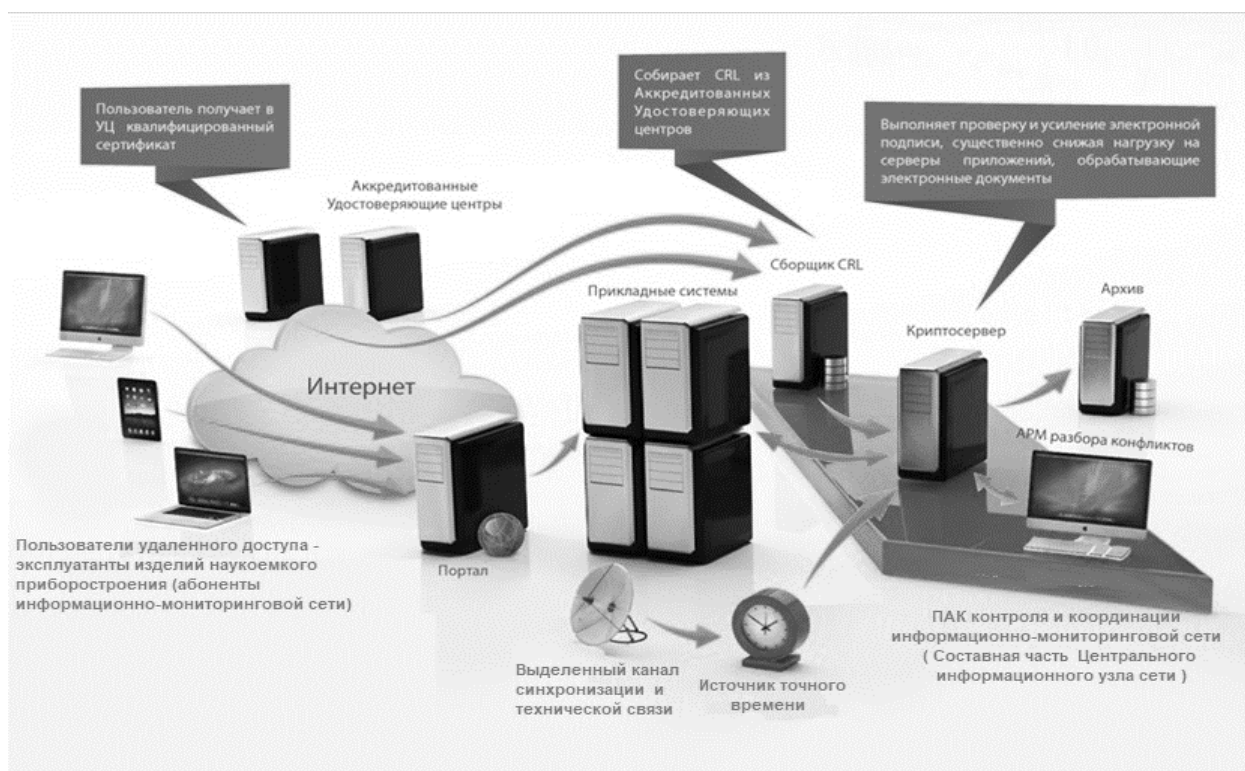


Рисунок 1.2.1. – Телекоммуникационная основа формирования информационно-мониторинговой сети продукции наукоемкого приборостроения

В свою очередь, совокупность функционирующих прикладных программных систем в составе ПАК центрального, региональных и территориальных узлов сети реализуют весь спектр выше описанной прикладной функциональности, а соответствующие сервера хранения текущих и архивных данных образуют распределенную базу ретроспективных данных по вопросам эксплуатации и поддержания технической готовности поставленных эксплуатантам продукции наукоемкого приборостроения.

Таким образом, современные программно-технические и телекоммуникационные основы формирования информационно-мониторинговых сетей для продукции наукоемкого приборостроения технологически не ограничивают развития указанных сетей, как средств мониторинга реализации этапов жизненного цикла такой продукции. Очевидно, что тенденция увеличения и расширения номенклатуры информационно-мониторинговых сетей для различных видов продукции наукоемкого приборостроения. в обозримом будущем будет только возрастать и качественно совершенствоваться.

1.2.2. Представление функций мониторинга реализации основных и поздних этапов жизненного цикла продукции наукоемкого приборостроения

В п.1.1. описаны основные задачи, решаемые информационно-мониторинговыми сетями продукции наукоемкого приборостроения. Именно эти задачи и уровень их автоматизации определяют состав функций мониторинга реализации основных и поздних этапов жизненного цикла продукции наукоемкого приборостроения для каждой строго определенной информационно-мониторинговой сети.

Функции мониторинга реализации основных и поздних этапов жизненного цикла продукции наукоемкого приборостроения в соответствующих информационно-мониторинговых сетях определяются уровнем автоматизации управления самих предприятий-поставщиков указанной продукции. В этом контексте информационно-мониторинговые сети рассматриваются как

элемент (или, точнее, как дополнение) корпоративных информационных систем предприятий наукоемкого приборостроения. В частности, политико-экономический курс Правительства РФ на цифровую трансформацию всех промышленных отраслей России проявляется прежде всего в бурном разрастании и совершенствовании производственных информационных и автоматизированных систем различного назначения. Тенденции наращивания санкций со стороны некоторых стран Запада в области критических программно-информационных телекоммуникационных технологий промышленной автоматизации, а также рост усилий Российского государства по импортозамещению в этой же области, нашли сегодня свое отражение в становлении, системном улучшении научно-технологических подходов и конкретизированных программно-технических решений по цифровой трансформации организационных, организационно-технических систем информатизации предприятий наукоемкого приборостроения [125,138,147,163,164]. Этот факт выражается в:

- Полном или частичном отказе от полноценного (т.н. слепого) копирования итоговых программно-технических и организационных решений по типовому формированию систем автоматизации управления предприятиями точного и наукоемкого приборостроения, созданию соответствующих корпоративных информационных систем (КИС) и их составных частей, предлагаемых на рынке западными софтверными компаниями;

- Обеспечении полноценной направленности основных программных и программно-технических решений по автоматизации управления предприятиями наукоемкого приборостроения, информатизации техпроцессов на отечественную систему стандартизации, на полновесный учет специфических особенностей отечественных нормативно-технических и юридических отношений в сфере наукоемкого приборостроения;

- Утверждении приоритета технологической независимости России, возможности непрерывного совершенствования и поддержания патентной, декларируемой и пр. безопасности российских разработок программных и про-

граммно-информационных решений. Это на практике заключается в обладании всеми компонентами соответствующих программных технологий: от начальных логико-математических моделей до исполняемого кода программных компонент и комплексов.

В работах по автоматизации управления, в актуальной терминологии по информатизации и цифровизации, технологических процессов и производств [20,59,62,63,89,104,107,108,125,127,132,138], под категорией корпоративной информационной системы или, сокращенно КИС предприятия наукоемкого приборостроения, понимается компьютерная распределенная по предприятию система сбора, обработки и хранения информации, максимально охватывающей разнообразные стороны функционирования такого предприятия. При этом, в данном случае, под предприятием следует понимать не только унитарные организации производства, но различные промышленные группы: холдинги, концерны, корпорации и т.п. Очевидно, информационно-мониторинговые сети изделий наукоемкого приборостроения выступают в качестве элементов-надстроек для КИС соответствующих предприятий. В условиях всесторонней цифровизации они выступают внешними интерфейсами со сферой потребления продукции предприятий наукоемкого приборостроения. На Рисунке 1.2.2. из [39] показано, что инфраструктура развертывания информационно-мониторинговых сетей по каждому виду выпускаемой продукции является «надстройкой» над функционалом КИС предприятий наукоемкого приборостроения, которая обеспечивает упорядоченное поступление систематизированных данных от эксплуатантов поставляемых изделий (т.е. обеспечивает «обратную связь» с эксплуатантами). Указанные данные объективно влияют на все производственные и управленческие процессы предприятий наукоемкого приборостроения: от управления ресурсами и технологиями предприятия до управления компетенциями и документооборотом.

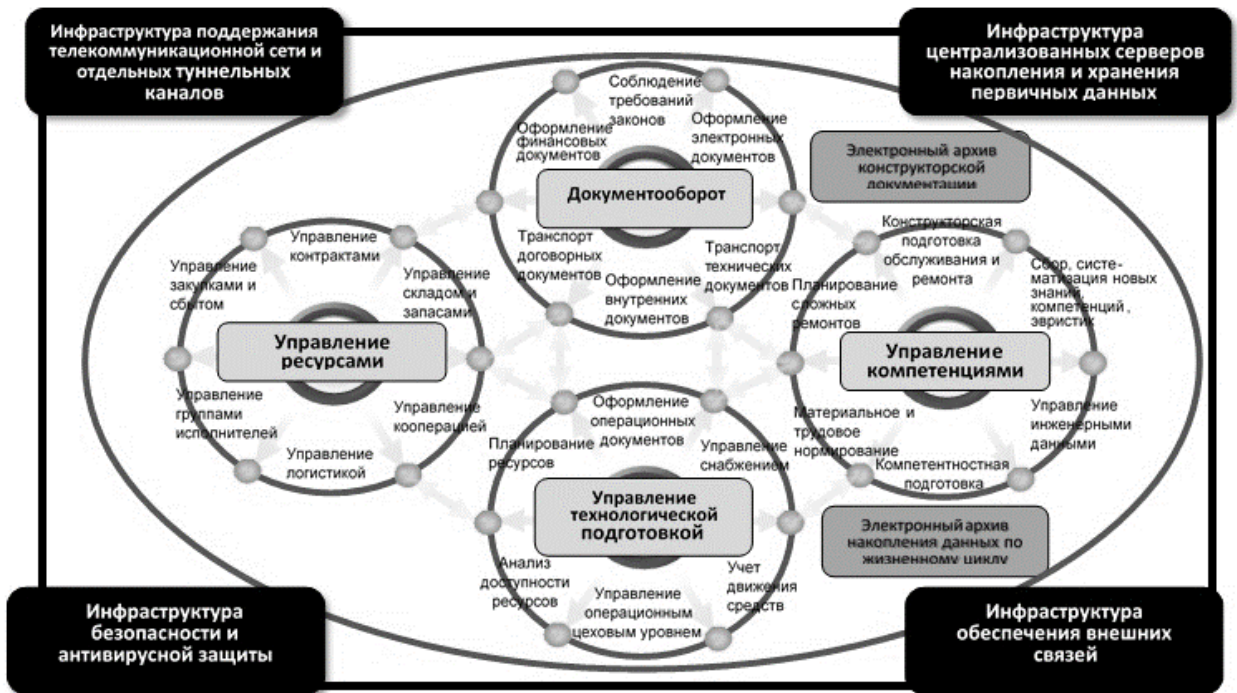


Рисунок 1.2.2. – Информационно-мониторинговая сеть в функциональной архитектуре КИС предприятий наукоемкого приборостроения [39]

Результативность создания и работы информационно-мониторинговых сетей по каждому виду изделий в современных условиях становится одним из факторов, определяющих эффективность функционирования всей КИС. Это положение определяется фактом того, что при конкретизации программно-технических решений функциональной архитектуры КИС предприятий наукоемкого приборостроения, включающих информационно-мониторинговые сети поставляемых изделий на всех этапах их жизненного цикла, показанной на Рисунке 1.2.2., становится очевидным определяющий характер поступающей информации от эксплуатантов. Именно эксплуатанты продукции наукоемкого приборостроения выступают источниками тех данных, которые инициируют изменение всех производственных и управленческих процессов на предприятии, в случае выявления или установления факта неэффективности в применении поставляемой продукции. Наглядно это видно из указанной конкретизации на примере одного из приборостроительных Концернов наукоемкого приборостроения в г. Санкт-Петербурге, что показано на Рисунке 1.2.3.

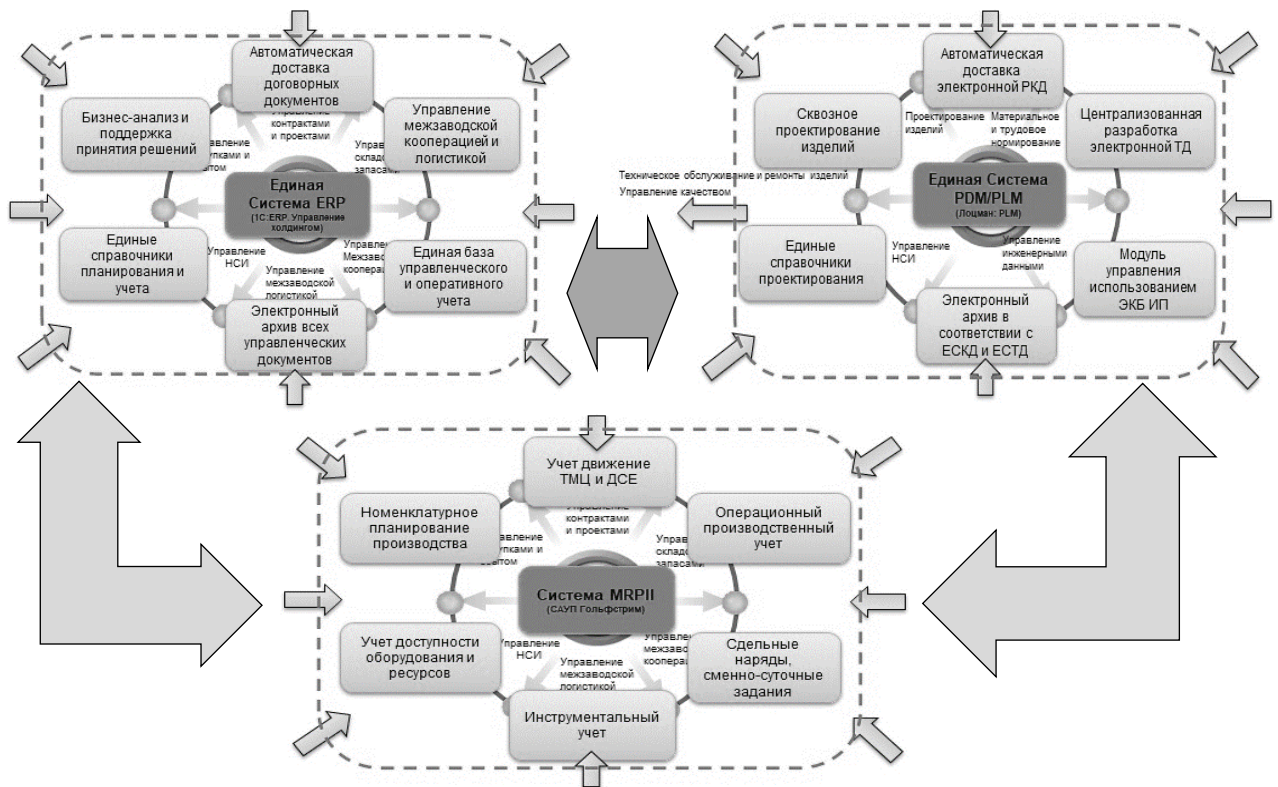


Рисунок 1.2.3. – Пример конкретизации функциональной архитектуры КИС предприятия наукоемкого приборостроения на основе данных мониторинга ЖЦ поставляемых изделий

В современной информатике, в области разработки технологий автоматизации и компьютеризации научно-производственных отечественных предприятий накоплен большой опыт соответствующих проектов [125,138,139]. Именно интегральное обобщение этого опыта конкретизаций функциональных архитектур КИС предприятий наукоемкого приборостроения на основе данных мониторинга жизненного цикла поставляемой продукции стало источником (первоначальной идеей) появления и развития концепции соответствующих информационно-мониторинговых сетей, как средств мониторинга реализации этапов жизненного цикла поставляемых изделий. Этимология термина «информационно-мониторинговая сеть для продукции наукоемкого приборостроения, как средство мониторинга реализации этапов их жизненного цикла» была проанализирована в ходе диссертационного исследования с начальных этапов компьютеризации отечественных предприятий наукоемко-

го приборостроения. В частности, первичный этап информатизации и компьютеризации на указанных предприятиях тесно увязан с автоматизацией решения организационно-технических и оргзадач в подразделениях управления таких предприятий. В этот период шло широкое внедрение различных автономных информационных автоматизированных систем управления-ИАСУ. Формализовались и автоматизировались выделенные операции, комплексные функции документооборота и пр. Частично автоматизировались расчетные задачи прикладных предметных областей. Фундаментальной задачей данного этапа являлось развертывание на предприятиях наукоемкого приборостроения высокопроизводительной и надёжной компьютерной аппаратуры, коммуницирование элементов этой аппаратуры через каналы связи в единую информационно-вычислительную систему. При этом применялись электронно-вычислительные машины широкого спектра использования со штатными средствами периферии. На этом этапе были развернуты и реализованы автоматизированные информационные системы и сети обмена формализованными данными, которые обеспечивали сбор, обработку и выдачу потребителям-руководителям предприятий информации служебного, статистического и справочного характера (т.е. на этом этапе ИАСУ не были встроены непосредственно в контуры и процессы реального управления предприятиями они реализовывали вспомогательную и обеспечивающую функцию). В тоже время, этот этап характеризуется очевидной недооценкой уровня сложности синтеза соответствующего программно-информационного обеспечения, а именно того, что каждая организационная система управления, подвергающаяся автоматизации во многом является уникальной и не может полностью быть формализованной.

Последующий этап прогрессирующего совершенствования средств информатизации и компьютеризации на указанных предприятиях тесно увязан с проведением слияния и интеграции уже созданных ИАСУ, формированием пространственно-распределенных автоматизированных систем обработки информации и управления (т.н. АСОИУ). Соответственно были организова-

ны информационно-вычислительные сети для сбора и мониторинга текущих оперативных данных о функционировании предприятий наукоемкого приборостроения их производств и сопутствующих технологических процессов. По существу, указанные сети явились технологической предтечей информационно-мониторинговых сетей данных о реализации жизненного цикла продукции, но на том этапе такие сети охватывали в основном только процессы разработки и производства. На описываемом этапе были развернуты информационно-управляющие сети и системы научно-производственных объединений, крупных пространственно-распределенных предприятий, соответствующих ведомств в отечественном приборостроении. Также было научно установлено, что, когда размерность управляемой орг. системы становится достаточно большим, централизация становится препятствием на направлении повышения эффективности информационного мониторинга и управления предприятием.

Современный этап развития информационно-мониторинговых сетей, в рамках общей идеологии промышленной автоматизации условно начался в 10-е годы 21 века. При этом четко обозначилась новая базовая информационная технология, получившая название «архипелаг автоматизации». В рамках этой технологии архитектура информационных систем, по определению, является децентрализованной с широко распределенными коммуникациями и гетерогенными источниками формализованной информации.

Существование информационной технологии «архипелаг автоматизации» заключается в том, что первоначально компьютер должен стать гармонизированной частью информационной инфраструктуры предприятия наукоемкого приборостроения. Должны сложиться т.н. «островки автоматизации» на базе отдельных средств автоматизации и их локальных информационных сетей, а уже на следующем шаге следует осуществлять их объединение более глобальную информационную или информационно-управляющую сеть [18,38,44]. Для информационно-мониторинговых сетей в рамках проектов не только информатизации и компьютеризации предприятий наукоемко-

го приборостроения, но и создания полноценных корпоративных информационных систем (КИС) указанная информационная технология включала следующую последовательность построения и полноценного функционального формирования:

I. оснащение всех удаленных подразделений и пользователей-абонентов отдельными средствами вычислительной техники, установление их связи с центральными серверами предприятия;

II. формирование внешнего сетевого окружения для АСОИУ предприятия, сопряжение отдельных АСОИУ и формирование таким образом корпоративной информационной системы (КИС), включающей (предусматривающей) соответствующие внешние информационные источники данных о ходе реализации основных и поздних этапов ЖЦ поставляемых изделий;

III. всесторонняя реализация сетевых сервисов и другого функционала обработки данных от внешних, гетерогенных источников информации, методов потоковой обработки данных и т.д.

Появление технологии организации и построения «социальных» сетей на базе глобальной сети Internet дало возможность значительно упростить процесс создания, наращивания и поддержания информационно-мониторинговых сетей изделий наукоемкого приборостроения, осуществлять их разработку и формирование непосредственно силами подразделений автоматизации предприятий наукоемкого приборостроения.

Очевидно, что технологии организации и построения «социальных» сетей на базе глобальной сети Internet для создания инфотелекоммуникационной базы информационно-мониторинговых сетей для продукции наукоемкого приборостроения, как средств мониторинга реализации этапов жизненного цикла такой продукции имеет слабые стороны:

i. Формализованные данные от источников поступают хаотичным образом; это значительно затрудняет процесс их обработки и системного размещения в базах данных.

- ii. Получаемая исходная информация является высоко гетерогенной, что затрудняет её эффективную (например, потоковую) обработку.
- iii. Весь затруднительны вопросы обеспечения информационной безопасности.

На современном этапе развития технологий создания и развития информационно-мониторинговых сетей для продукции наукоемкого приборостроения, как средств мониторинга реализации этапов жизненного цикла указанной продукции, передовые ученые-разработчики следующим образом обозначают актуальные тенденции в развитии таких сетей и соответствующего функционала мониторинга реализации основных и поздних этапов жизненного цикла продукции наукоемкого приборостроения [106,127,138,162]:

- формирование и всестороннее развитие телекоммуникационных основ для целевого синтеза информационно-мониторинговых сетей продукции наукоемкого приборостроения на основе идеологии открытых информационных систем;
- обеспечение сводного информационного пространства для КИС предприятий и информационно-мониторинговых сетей для продукции наукоемкого приборостроения, как средств мониторинга реализации этапов жизненного цикла указанной продукции;
- гармонизация, интеграция и комплексирование гетерогенной информации на основе принципов работы с большими данными;
- глубокая виртуализация программных механизмов обработки данных, доминирование сервис-ориентированных архитектур в программных системах удаленной обработки информации;
- широкое внедрение методов искусственной интеллектуальности на основе сверточных нейросетей с глубоким обучением;
- полноценный контроль за исходным кодом применяемого и имплементируемого программно-информационного обеспечения, что диктуется современными требованиями к импортозамещению и непрерывному развитию информационных систем;

- воплощение в жизнь принципов кроссплатформенности прикладного программного обеспечения, поддерживающего функционирование информационно-мониторинговых сетей для продукции наукоемкого приборостроения, как средств мониторинга реализации этапов жизненного цикла указанной продукции;

- обеспечение полноценной дружелюбности пользовательского интерфейса всех приложений, работающих в информационно-мониторинговых сетях.

Сегодня стало возможным говорить об «оформлении де-факто» единого методологического подхода к определению, разработке функций мониторинга реализации основных и поздних этапов жизненного цикла продукции наукоемкого приборостроения [161,162,164]. Его структура в обобщенном виде показана на Рисунке 1.2.4. К базовым принципам этого подхода принято относить:

1. Активность. Этот принцип заключается в учете того, что функции мониторинга реализации основных и поздних этапов жизненного цикла продукции наукоемкого приборостроения находятся в непрерывном развитии: растет номенклатура и качество решаемых задач, меняются представления о возможностях информационных технологий, совершенствуются методы формализации и накопления данных и пр.;

2. Специфичность. При наличии базовых программных и организационно-технических решений для автоматизации функций мониторинга реализации основных и поздних этапов жизненного цикла продукции наукоемкого приборостроения предлагаемый подход ставит приоритетом учет узкой специфики эксплуатации каждого вида продукции. Этот принцип демонстрирует исследовательский характер конкретизированного синтеза прикладного функционала для информационно-мониторинговой сети каждого отдельного вида продукции приборостроительной организации (предприятия);

3. Прототипируемость. Реализуемость на исходных организационных и организационно-технических паттернах лучших практик создания, представ-

ленных в виде адаптированных к конкретному типу продукции наукоемкого приборостроения и варианту построения информационно-мониторинговой сети модульных решений возобновляемого (повторяемого) программного кода;

4. Прагматичность. Направленность на результативность работы и прагматического применения информационно-мониторинговой сети, т.е. нацеленность на синтез конструктивного эффекта (дополнительной прибыли) в основной деятельности предприятия наукоемкого приборостроения.

5. Поступательность. Признание положения о недостижимости одномоментной полной цифровизации всех аспектов наукоемкого приборостроения на сложившихся в доцифровой период предприятиях. Формирование и развитие функций мониторинга реализации основных и поздних этапов жизненного цикла продукции наукоемкого приборостроения в соответствующих информационно-мониторинговых сетях есть многофазный процесс, затрагивающий не только организационно-технические и чисто организационные стороны работы предприятий, но и психологию каждого из сотрудников.

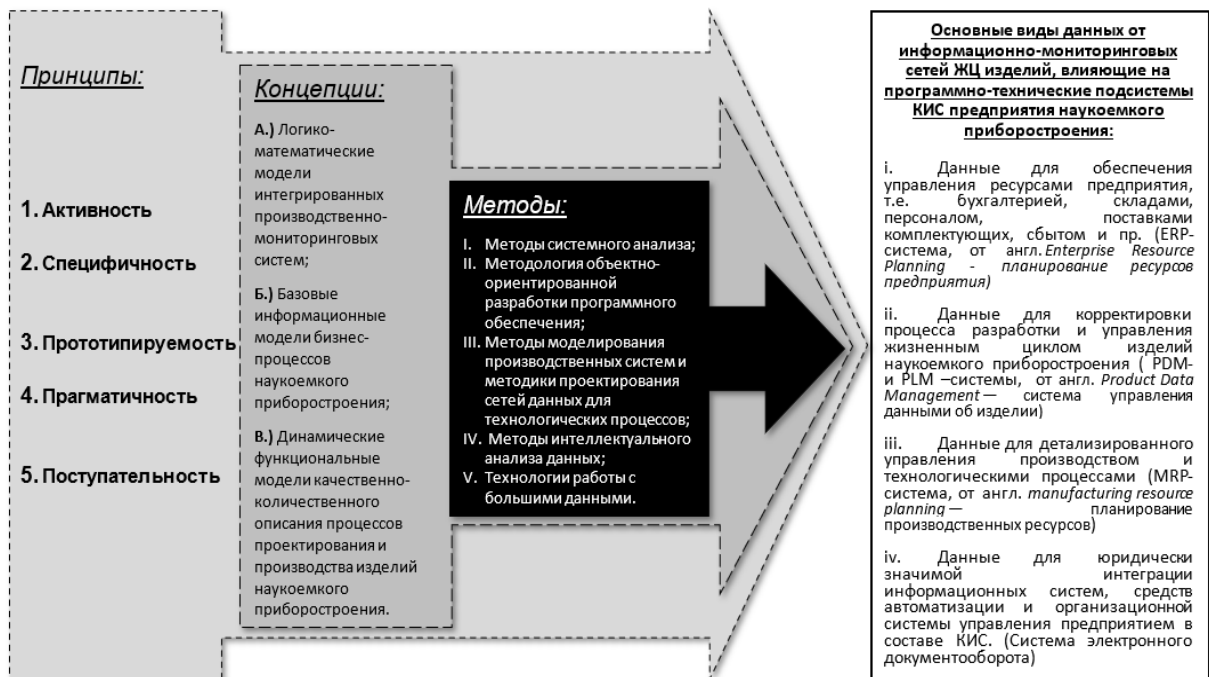


Рисунок 1.2.4. – Структура методологического подхода к определению, разработке функций мониторинга реализации этапов жизненного цикла продукции наукоемкого приборостроения

Логической основой в проектировании и создании информационно-мониторинговых сетей, как элементов периферийного окружения КИС рассматриваемых предприятий, как правило, служит полноценное и многоуровневое моделирование полной совокупности функций мониторинга реализации основных и поздних этапов жизненного цикла продукции наукоемкого приборостроения. Такое моделирование, в своей расчетной и имитационной части, опирается на разработанные модели и методики аналитического планирования, системного анализа, системологической схемотехники и проблемно-ориентированного проектирования программного обеспечения [144,145].

Соответственно, научно-методическим инструментарием для интеллектуального анализа самих данных мониторинга реализации основных и поздних этапов жизненного цикла продукции наукоемкого приборостроения являются способы, задачи и приемы обработки информации известные как Data Mining. В частности, именно программные приложения интеллектуальной обработки из Data Mining позволяют:

- статистически обрабатывать накапливаемые данные мониторинга реализации основных и поздних этапов жизненного цикла продукции наукоемкого приборостроения и выявлять значения вероятностных характеристик работоспособности, долговечности и ремонтпригодности указанной продукции;
- выявлять, формализовать и представлять на алгоритмических языках устойчивые экспертные знания по ходу и особенностям эксплуатации отдельных видов продукции наукоемкого приборостроения;
- осуществлять прогнозирование основных параметров отказоустойчивости и временных параметров наработки на отказ различных элементов, составных частей продукции наукоемкого приборостроения;
- решать другие задачи качественного обобщения и слияния данных по эксплуатации указанной продукции [164,187].

Полученный опыт развертывания современных информационно-мониторинговых сетей и совершенствования на их базе функций мониторин-

га реализации основных и поздних этапов жизненного цикла продукции наукоемкого приборостроения показывает рост по экспоненте объемов цифровых данных по эксплуатации и практическому применению соответствующих изделий. Это говорит о том, что и методы работы с большими данными Big Data применимы и перспективны для обработки информации в информационно-мониторинговых сетях, о чем свидетельствуют результаты исследований описанные в [10,12,16,17].

Таким образом, информационно-мониторинговые сети для продукции наукоемкого приборостроения, как средства соответствующего мониторинга, являясь периферийным окружением для соответствующих КИС предприятий, обладают полноценной гаммой функций мониторинга реализации основных и поздних этапов жизненного цикла продукции наукоемкого приборостроения [161-164]. Поиск путей повышения уровня производственной деятельности предприятий наукоемкого приборостроения за счет применения и совершенствования соответствующих информационно-мониторинговых сетей, как средств мониторинга реализации этапов жизненного цикла выпускаемых приборов, далее в рамках диссертационного исследования осуществлен путем анализа особенностей формирования, развертывания, моделирования и совершенствования структуры таких сетей.

1.2.3. Особенности формирования, развертывания и совершенствования структуры информационно-мониторинговых сетей

Особенности формирования, развертывания и совершенствования состава, структуры информационно-мониторинговых сетей определяются спецификой той продукции наукоемкого приборостроения, для сопровождения жизненного цикла которой указанные сети создаются. Постоянное и диалектическое усложнение продукции наукоемкого приборостроения, введение в её состав составных частей, работающих на различных новых физических принципах, глубокая интеллектуализация и цифровизация и т.д. сделали не-

обходимой узкую специализацию эксплуатирующих её сотрудников именно на вопросах практического применения по назначению. В свою очередь, вопросы и направления деятельности по поддержанию работоспособности и восстановлению технической готовности указанной продукции в современных условиях всё в большей степени становятся приоритетом в приложении усилий техобслуживающих (сервисных) предприятий промышленности из состава приборостроительных концернов и корпораций. При этом сущностная доминанта в деятельности системы управления компании-эксплуатанта продукции наукоемкого приборостроения смещается с организации проведения ремонтно-восстановительных работ силами подчиненных подразделений в сторону эффективного планирования работ с предприятиями-поставщиками сервисно-ремонтных услуг, результативного распределения целевых ассигнований на реализацию контрактной работы. Именно таким смещением актуализируется потребность в информационно-мониторинговых сетях продукции наукоемкого приборостроения [163].

Информационно-мониторинговые сети для поддержки эксплуатации сложной, дорогостоящей, но серийно поставляемой продукции наукоемкого приборостроения нашли самое широкое распространение во многих отраслях создания дорогостоящей и требующей поддержания работоспособности прибористики. На Рисунке 1.2.5. показано ориентировочное соотношение в распределении информационно-мониторинговых сетей продукции наукоемкого приборостроения по отраслям отечественной экономики [130].

Необходимость в построении и функционировании обратной связи поставщиков продукции сложной техники с эксплуатантами задает актуальную потребность развертывания соответствующей информационно-мониторинговой сети для поддержания техготовности продукции наукоемкого приборостроения на всех этапах её жизненного цикла. Удовлетворение этой потребности объективно является задачей текущей фазы развития национальной культуры и организационного подхода к эксплуатации образцов дорогостоящей, наукоемкой техники.

Одной из основных задач формирования информационно-мониторинговых сетей продукции наукоемкого приборостроения является эффективное и полновесное создание единого поля актуальных данных о текущем техсостоянии конкретных экземпляров указанной продукции в целях обоснования синтезируемых планов предприятий-поставщиков на соответствующие услуги техобслуживания и сервиса, авторского технического надзора. Учитывая современный уровень развития инфотелекоммуникационных сервисов и технологий, следует принять, что помимо решения выше указанной задачи информационно-мониторинговые сети позволяют воплощать в жизнь целый ряд смежных функций, которые качественно улучшают и совершенствуют «логическую, обратную» связь эксплуатантов с разработчиками и поставщиками продукции наукоемкого приборостроения.



Рисунок 1.2.5. - Распределение информационно-мониторинговых сетей продукции наукоемкого приборостроения по отраслям экономики [130]

Совокупность всех описанных особенностей формирования, развертывания и совершенствования структуры информационно-мониторинговых сетей привела к характерному изменению систем эксплуатации различных видов и типов продукции наукоемкого приборостроения. Благодаря широкому внедрению предприятиями информационно-мониторинговых сетей для организации планирования, реализации и корректуры мероприятий технического обслуживания значительно выросли адресность, результативность и опера-

тивность планирования сервисных и ремонтных мероприятий продукции наукоемкого приборостроения на основных и поздних этапах её жизненного цикла. Проведенный в рамках диссертационного исследования анализ потенциальных возможностей и дальнейших путей совершенствования всей системы эксплуатации продукции наукоемкого приборостроения с учетом разворачиваемых информационно-мониторинговых сетей, прогноз базовых изменений и проблематики планирования регламентно-восстановительных и ремонтно-сервисных услуг позволили представить указанную специфику формирования, развертывания и совершенствования структуры информационно-мониторинговых сетей.

Широкое и стремительное внедрение информационно-мониторинговых сетей в практику современного приборостроения привело к необходимости проведения организациями-эксплуатантами последовательной и планомерной политики в области получения релевантного объема регламентно-восстановительных и ремонтно-сервисных услуг по поддержанию продукции наукоемкого приборостроения на заданном уровне техготовности. Встречно предприятия наукоемкого приборостроения развернули соответствующие структурные подразделения и(или) дочерние компании, узко направленные в своей деятельности на реализацию услуг гарантийного и постгарантийного техобслуживания продукции наукоемкого приборостроения на основных и поздних этапах их жизненного цикла.

Однако, необходимо констатировать, что современный процесс планирования ремонтных работ, мероприятий поддержания эксплуатабельности продукции наукоемкого приборостроения и логического связывания его с бюджетными возможностями компаний-заказчиков не в полной мере реализован и функционально отработан. Именно в силу отсутствия единого информационного пространства о актуальном, ретроспективном и перспективно-прогнозируемом техсостоянии продукции наукоемкого приборостроения, которое эффективно доступного как компаниям-эксплуатантам (потенциальным заказчикам), так и руководству тех или иных предприятий приборостроения. Сегодня процессы формирования и развертывания информационно-мониторинговых сетей для продукции наукоемкого приборостроения, как

средств мониторинга процессов, сопутствующих производственным, осуществляется на основе эмпирического опыта, по междисциплинарному принципу. Этот факт ведет к необоснованным затратам при их создании, высокой итеративности процессов их перепроектирования и доработки, нерациональному характеру их дальнейшего использования. Укрепление же тенденции мирового приборостроения по решению задач поддержания технической готовности сложных образцов продукции за счет эксплуатационных (утилизационных) услуг предприятий-производителей объективно требует качественного совершенствования и высокой эффективности применения соответствующих информационно-мониторинговых сетей, как средств мониторинга реализации основных и поздних этапов жизненного цикла указанной продукции. Значительный объем данных по ходу эксплуатации продукции наукоемкого приборостроения генерируется и накапливается именно на основных и поздних этапах их жизненного цикла. На Рисунке 1.2.6. показана динамика роста объемов данных по мониторингу технического состояния продукции на основных этапах их жизненного цикла, что наглядно показывает необходимость и безальтернативность автоматизированного учета, хранения и применения указанных данных в рамках информационно-мониторинговых сетей.

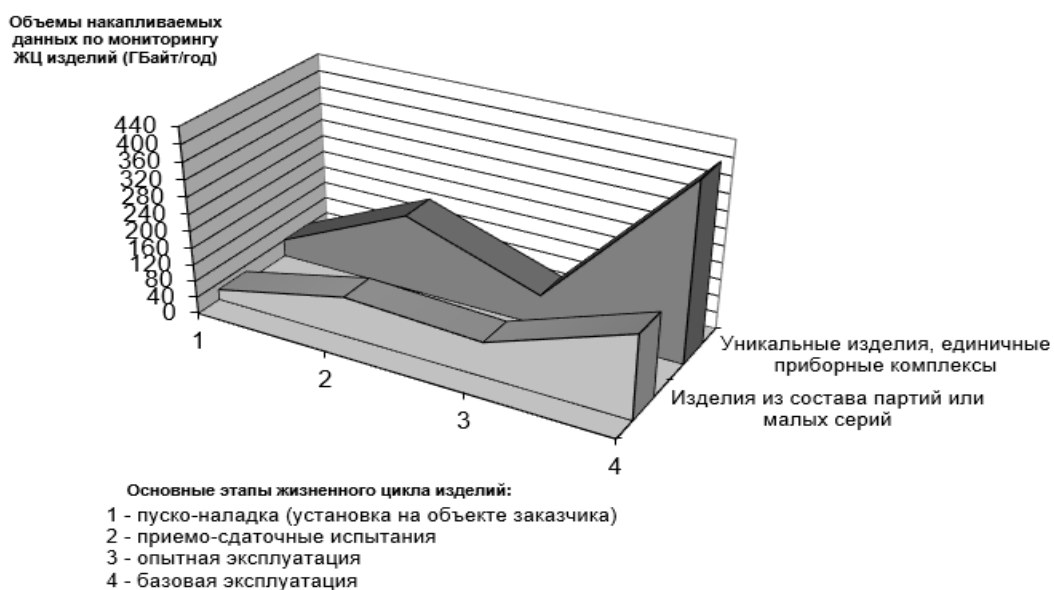


Рисунок 1.2.6. – Соотношение оценочных объемов данных по мониторингу технического состояния продукции на основных этапах её жизненного цикла

Программно-технической базой для функционирования единого информационного пространства по специфике эксплуатации и поддержанию технической готовности продукции наукоёмкого приборостроения на основных и поздних фазах её ЖЦ должна выступать совокупность информационно-мониторинговых сетей данных о ходе эксплуатации и технического обслуживания (в т.ч. авторского надзора за встроенным программным обеспечением) по каждому виду и типу поставляемой продукции.

Такая совокупность информационно-мониторинговых сетей данных о ходе эксплуатации и технического обслуживания прежде всего направлена на решение задач оперативного и полнофункционального обмена информацией о состоянии продукции всех типов, видов и серий между всеми компонентами системы эксплуатации, в том числе эксплуатантов и органов их управления, разработчиков-проектантов, производителей-поставщиков, сервисных и ремонтных компаний [104,106]. Помимо решения базовой задачи автоматизации обмена формализованными данными в системе эксплуатации продукции наукоёмкого приборостроения указанная совокупность информационно-мониторинговых сетей данных о ходе эксплуатации и технического обслуживания обеспечивает предприятиям несколько новых возможностей, которые не характерны для отечественной системы эксплуатации объектов с дорогостоящими приборными комплексами. К ним относятся:

- принципиальное уменьшение значений временных показателей в таких последовательностях принятия решений как: “установление факта отказа/выявление неисправности – заявка на сервисные услуги/ремонтные работы/обслуживание - выделение сил и средств сервисной организации – выполнение регламентно-восстановительных/ремонтно-технических мероприятий”, “выявление потребностей в пополнении ЗИП – заявка на пополнение ЗИП - ассигнование средств на пополнение – доукомплектование состава ЗИП – передача пополнения ЗИП эксплуатанту” и др.;

- активно-целевой характер построения и наращивания самих информационно-мониторинговых сетей. То есть построения, в первую очередь

направленного и мотивированного внутренними установками предприятия на развитие, а не на внешние факторы и заявки. Это позволяет последовательно донастраивать структуру и состав информационно-мониторинговых сетей под объективно изменяющиеся нужды систем эксплуатации продукции наукоемкого приборостроения;

- формирование базы для удаленного прямого консультирования сотрудников сервисной компании на объекте эксплуатации и/или самих эксплуатантов по исключительным случаям локализации и устранения неисправностей;

- контент-поддержка компетенциями для эксплуатантов непосредственно на удаленных объектах размещения продукции наукоемкого приборостроения;

- выявление и накопление профкомпетенций для доподготовки сотрудников-эксплуатантов, передача в центры подготовки и сертификации специалистов дидактически выверенных форм репрезентации указанных профкомпетенций.

Значительная потребность в реализации последних трех из указанных возможностей четко проявилась при пандемии новой коронавирусной инфекции COVID-19 в 2020-21годах. Отсутствие возможности командирования специалистов сервисного и технического обслуживания на объекты размещения продукции наукоемкого приборостроения в силу условий эпидобстановки сформировало базу для сверхвысокой потребности в прямом ВКС-консультировании объектовых специалистов технического обслуживания и сотрудников-эксплуатантов.

Совокупность выше указанных возможностей создает и обозначает принципиально новое качество взаимодействия поставщиков и эксплуатантов продукции наукоемкого приборостроения. Создание на основе информационно-мониторинговых сетей единого информационного пространства по текущему и ретроспективному техническому и организационно-техническому состоянию всех видов поставленной продукции наукоемкого приборостроения конкретного предприятия обеспечивает быстрый и полновесный обмен

формализованной информацией об исправности/неисправности изделий между всеми фигурантами систем эксплуатации и реализаторами услуг сервисного обслуживания. То есть информационно-мониторинговые сети создают информационное основание для:

1) Эффективного, аналитически выверенного планирования органами управления предприятий наукоемкого приборостроения задач и сроков предоставления услуг технического, сервисного, гарантийного и постгарантийного обслуживания;

2) Интенсификации мероприятий по согласованию указанных задач и сроков с бюджетными возможностями (лимитами) в финансовых планах заказчиков работ;

3) Более результативного координирования сроков выполнения работ техобслуживания и плановых ремонтов между предприятиями-поставщиками услуг технического сервиса и их потребителями, т.е. организациями-эксплуатантами продукции наукоемкого приборостроения;

4) Проведение интеллектуального анализа последовательно накапливаемых данных по особенностям эксплуатации рассматриваемой продукции.

Описанное новое качество взаимодействия поставщиков и эксплуатантов продукции наукоемкого приборостроения, обеспечиваемое широким внедрением информационно-мониторинговых сетей, на практике выражается, прежде всего в том, что в современных условиях основная масса неисправностей продукции наукоемкого-приборостроения выявляется и устраняется в плановом порядке, при проведении соответствующих сервис-мероприятий технического обслуживания, регламентированных плановых ремонтов и пр. Тем самым достигается минимизация аварийных отказов рассматриваемой продукции в процессе непосредственного её применения по назначению. Это наглядно видно из распределения, показанного на Рисунке 1.2.7.

Необходимо учитывать, что протяженное во времени функционирование информационно-мониторинговых сетей для продукции наукоемкого приборостроения, в интересах мониторинга реализации этапов её жизненного

цикла, ведет к накопительному формированию сверхбольшого объема упорядоченных данных о процессе эксплуатации и особенностях работы указанной продукции в экстремальных и повседневных условиях. Такие данные должны быть обработаны и сегодня обрабатываются на ряде предприятий отечественного приборостроения с применением средств статистической обработки данных. Цель такой обработки - получение значений показателей качества функционирования продукции наукоемкого приборостроения, оценка полноты поддержания технической готовности, установление параметров снабжения расходными материалами, укомплектованности ЗИП и т.д. На указанном массиве сверхбольшого объема упорядоченных данных о процессе эксплуатации и особенностях работы указанной продукции в экстремальных и повседневных условиях используются как методы интеллектуальной обработки данных, так и методы, обозначаемые сегодня термином «методы работы с большими данными» [14-16,186].

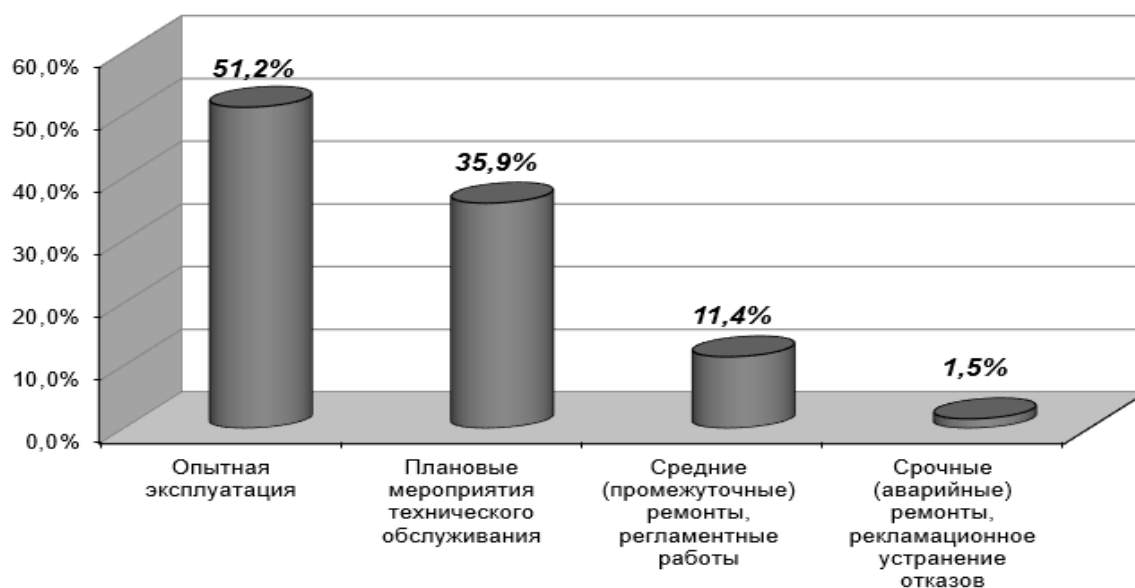


Рисунок 1.2.7. – Распределение неисправностей изделий наукоемкого приборостроения по основным видам мероприятий их устранения (выявления)

Само соотношение затрат на основные виды работ по поддержке и совершенствованию информационно-мониторинговых сетей, которое представлено на Рисунке 1.2.8., наглядно показывает, что сегодня предприятия наукоемкого приборостроения при поддержании функционирования и развитии

указанных сетей большую часть средств вкладывают в развитие программно-алгоритмического функционала, улучшение сервисных и информационно-интеграционных возможностей соответствующего программного обеспечения. Этот факт позволяет оценить основные специфические тенденции в формировании, развертывании и совершенствовании содержания и структуры информационно-мониторинговых сетей для продукции наукоемкого приборостроения, в интересах мониторинга реализации этапов их жизненного цикла.

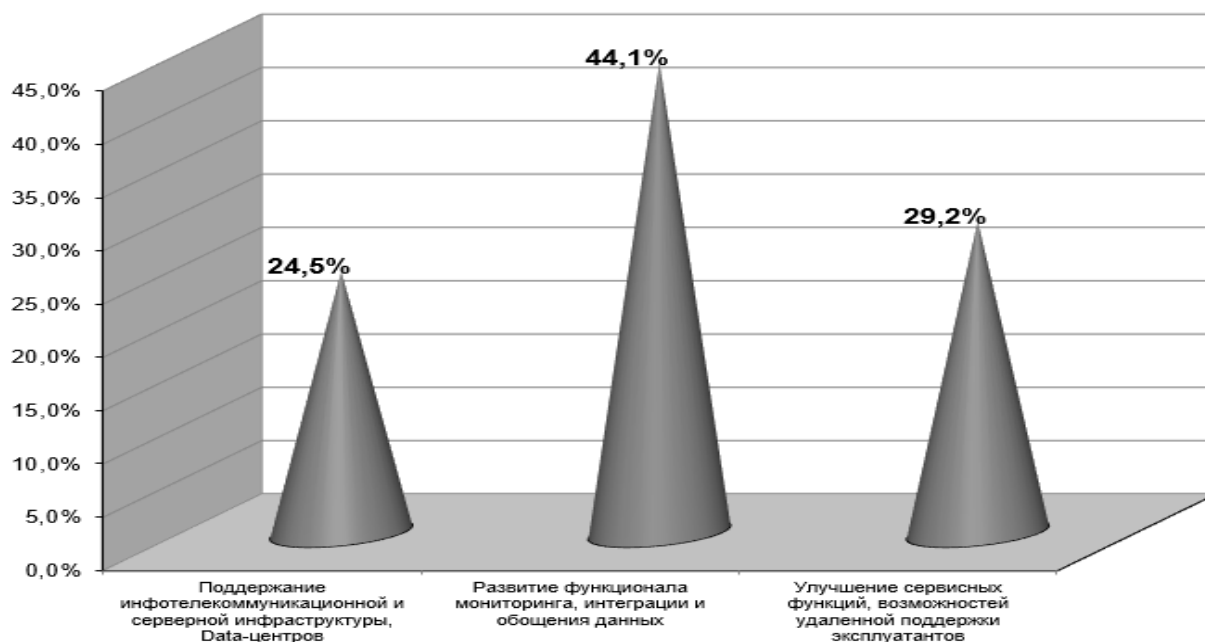


Рисунок 1.2.8. – Оценка соотношения затрат на основные виды работ по поддержке и совершенствованию информационно-мониторинговых сетей

Важность полноценного мониторинга реализации этапов жизненного цикла продукции наукоемкого приборостроения со стороны органов управления предприятий-поставщиков в современных условиях организации эффективного производства не вызывает сомнений. Этот постулат задается сущностной ориентацией всей системы эксплуатации дорогостоящих объектов отечественной прибористики на сервис-услуги обслуживающих компаний приборостроения в разрешении проблем поддержки требуемого уровня технической эксплуатабельности рассматриваемых изделий.

Сегодня процессы формирования и развертывания информационно-мониторинговых сетей для продукции наукоемкого приборостроения, как средств мониторинга процессов, сопутствующих производственным, осуществляется на основе эмпирического опыта, по междисциплинарному принципу. Этот факт ведет к необоснованным затратам при их создании, высокой итеративности процессов их перепроектирования и доработки, нерациональному характеру их дальнейшего использования. Укрепление же тенденции мирового приборостроения по решению задач поддержания технической готовности сложных изделий продукции за счет эксплуатационных (утилизационных) услуг предприятий-производителей объективно требует качественного совершенствования и высокой эффективности применения соответствующих информационно-мониторинговых сетей, как средств мониторинга реализации основных и поздних этапов жизненного цикла указанной продукции. Обеспечить удовлетворение данного требования возможно только вооружив процессы проектирования и развертывания информационно-мониторинговых сетей продукции наукоемкого приборостроения научно-методическим инструментарием моделирования и анализа. Следовательно, дальнейшим направлением диссертационного исследования процессов мониторинга основных и поздних этапов ЖЦ рассматриваемой продукции стало комплексное рассмотрение существующего научно-методического инструментария моделирования информационно-мониторинговых сетей для продукции наукоемкого приборостроения, его влияния на соответствующий алгоритмический аппарат, программно-информационные модели, сетевые сервисы.

1.3. Научно - методический инструментарий моделирования и анализа информационно-мониторинговых сетей

Моделирование информационно-мониторинговых сетей для продукции наукоемкого приборостроения, в интересах контроля и сопровождения реализации этапов её жизненного цикла, есть неотъемлемая часть обоснования, разработки и неформального проектирования указанных сетей. Эффективность применения соответствующих информационно-мониторинговых сетей, как средств мониторинга реализации основных и поздних этапов жизненного цикла продукции наукоемкого приборостроения, является ключевым условием обеспечения высокой результативности и рациональной организации соответствующего производства. Обеспечить удовлетворение данного требования возможно только снабдив процессы проектирования и развертывания информационно-мониторинговых сетей продукции наукоемкого приборостроения обоснованным научно-методическим инструментарием моделирования и анализа.

В современных условиях моделирование и предпроектная проработка параметров формирования информационно-мониторинговых сетей производится с использованием общесистемных методических средств анализа и синтеза, на основе эмпирического опыта отдельных эксплуатантов и подвижников в развитии указанных сетей, по междисциплинарному принципу. Проведенное в рамках диссертационного исследования изучение существующего и применяемого сегодня научно-методического инструментария моделирования информационно-мониторинговых сетей для продукции наукоемкого приборостроения позволило выявить и обобщить основные требования, объективно предъявляемые к разработке и проектированию указанных сетей. Обобщенно указанные требования сведены в соответствующие группы и представлены, интерпретированы терминологией предметной области в Таблице 1.3.1.

Таблица 1.3.1. – Обобщенные требования к разработке и проектированию информационно-мониторинговых сетей

Обобщающая группа требований	Краткое наименование конкретизированного требования	Интерпретация существа конкретизированного требования	Нормативно-технические документы, регламентирующие реализацию требования
1. Телекоммуникационные	1.1. Обеспечение потребной пропускной способности	Основные каналы передачи данных сети должны обеспечивать пропускную способность не менее ...ГБ.	ГОСТ Р 51904 – 2002; ГОСТ Р 9001 -2015; ГОСТ Р 51902 -2002; и др.
	1.2. Интегральный характер обслуживания	Сеть должна позволять решать различные прикладные задачи на базе одной и той же инфраструктуры обмена	ГОСТ Р 56136 – 2014; ГОСТ Р 51904 -2002; ГОСТ Р 15.301 – 2016.
	1.3. Удаленный (мобильный) характер поддержки	Должен быть обеспечен удаленный доступ к данным и сервисам с использованием мобильных каналов связи	ГОСТ Р 15.000 -2016; ГОСТ Р 15.301-2016; ГОСТ Р 27.403-2009; и др.
	1.4. Структурируемость «транспортной» сети	Телекоммуникационная основа сети должна позволять менять её топологию и структуру информационных связей	ГОСТ Р 56136 -2014; ГОСТ Р 51904 -2002; ГОСТ Р 15.301 – 2016; и др.
2. Программно-функциональные	2.1. Организация на базе сервис-ориентированной архитектуры ППО	Программная реализация прикладных функций осуществляется с использованием клиент-серверного построения и программных сервисов	ГОСТ Р 51904 -2002; ГОСТ Р 15910 – 2002; ГОСТ Р 12207-2010; ГОСТ 34.201 – 89; ГОСТ 34.601 – 90.
	2.2. Модифицируемость и структурируемость ПО	ПО должно позволять возможности наращивания прикладного функционала и компонентной архитектуры	ГОСТ Р 15288 -2005; ГОСТ Р 51904 – 2002; ГОСТ Р 15910 – 2002; ГОСТ Р 12207 – 2010.
	2.3. Приемлемость ресурсоемкости	Потребное количество вычислительных ресурсов для работы ПО должно быть приемлемым с т.з. принятой практики автоматизации	ГОСТ Р 51904-2002; ГОСТ 15.971 – 90; ГОСТ 28806 – 90.
	2.4. Эргономичность и интерфейсная дружелюбность	Прикладное ПО должно обладать максимально интуитивно понятным интерфейсом пользователя	ГОСТ Р 51904 – 2002; ГОСТ Р 15910 – 2002; ГОСТ 34.201 – 89.
	2.5. Понятность построения кода	Общая структура написания кода комплекса должна быть линейной; код должен быть подробно откомментирован	ГОСТ Р 15.000 -2016; ГОСТ Р 15.301-2016.
3. Информационно-технологические	3.1. Гетерогенность обрабатываемых данных	Должна допускаться возможность обработки данных от разнотипных, разноформатных и разнородных источников информации	ГОСТ Р 12207-2010; ГОСТ Р 15910-2002; ГОСТ 34.601-90.
	3.2. Гармонизированность источников информации	Формат обработки данных в сети должен учитывать возможность приведения данных к единому внутреннему формату представления	ГОСТ Р 53393-2009; ГОСТ Р 53394-2009; ГОСТ 15971 -90.
	3.3. Интеграционный характер обработанных данных	Обработка данных должна позволять получать новое качество репрезентации	ГОСТ Р 53394-2009; ГОСТ Р 12207-2010; ГОСТ Р 15910-2002.
	3.4. Структурная упорядоченность данных	Обработка гетерогенных данных должна позволять устанавливать в структуре данных отношения строгого порядка	ГОСТ Р 12207-2010; ГОСТ 15971 -90; ГОСТ Р 15.301-2016.
4. Экономические	4.1. Затратность наращивания сети	Затраты на увеличение размеров сети должны приводить к конструктивному эффекту для пользователей	ГОСТ Р 27000 - 2015; ГОСТ Р 31010 – 2011.
	4.2. Экономическая эффективность создания и функционирования сети за период	Отношения результата от применения сети к затратам на её развитие, поддержание за определенный период должно быть более 1 и стремиться к максимуму	ГОСТ Р 9000 – 2015; ГОСТ Р 51 901.1 -2002; ГОСТ Р 51 901.2 -2002; ГОСТ Р 51 901.3 -2002; ГОСТ Р 51 901.5 -2002.
	4.3. Наличие конструктивного эффекта в рамках системы эксплуатации	Эффект от использования сети должен давать конструктивный прирост эффективности соответствующей системе эксплуатации изделий	ГОСТ Р 51 901.4 -2002; ГОСТ Р 25010 -2015; ГОСТ Р 12207 -2010; ГОСТ 28806 -90.
	4.4. Наличие (обеспечение) прибыли от функционирования сети	Эффект от использования информационно-мониторинговой сети должен быть представлен в денежно-количественном виде	ГОСТ Р 9001 -2015; ГОСТ Р 31010 – 2011; ГОСТ Р 31000-2010; и др.

Реализация приведенных требований при разработке и проектировании информационно-мониторинговых сетей достигается путем последовательного (уточняющего) моделирования всех организационно-технических, технических и программно-информационных аспектов формируемых сетей. На сегодняшний день общепризнанной школы научно-методических средств для проведения указанного моделирования, как основы соответствующих процессов разработки и проектирования информационно-мониторинговых сетей для продукции наукоемкого приборостроения, не создано. Указанное моделирование осуществляется с эклектичным применением различных методов системного анализа, квалиметрии, приемов экономических оценок и пр. Оно строится по междисциплинарному принципу [155, 156]. В рамках проведенного диссертационного исследования проведено последовательное изучение и обобщение средств моделирования и анализа информационно-мониторинговых сетей, применяемых в современных условиях предприятиями-монтажниками при подготовке и принятии решений о формировании (преобразовании, изменении) информационно-мониторинговых сетей для различных видов продукции наукоемкого приборостроения. Краткие результаты такого обобщения представлены в Таблице 1.3.2.

Результаты представленные в Таблице 1.3.2. позволили прийти к выводу о том, что современный научно-методический инструментарий моделирования и анализа информационно-мониторинговых сетей для продукции наукоемкого приборостроения фрагментарен и имеет не достаточный интегральный уровень развития в узкоспециальном понимании. Это ведет к необоснованным затратам при формировании информационно-мониторинговых сетей, высокой итеративности процессов их перепроектирования и доработки, нерациональному характеру их дальнейшего использования. Укрепление же тенденции мирового приборостроения по решению задач поддержания технической готовности

сложных видов продукции за счет эксплуатационных (утилизационных) услуг предприятий-производителей объективно требует научно-обоснованного совершенствования и высокой эффективности применения соответствующих информационно-мониторинговых сетей, как средств мониторинга реализации основных и поздних этапов жизненного цикла выше указанной продукции.

Таблица 1.3.2. – Основные научно-методические средства моделирования и анализа информационно-мониторинговых сетей

№ п/п	Наименование базовой методологии (научной школы)	Наименование конкретизированного метода, научно-методического средства	Программные средства автоматизации моделирования (анализа) - примеры
1.	Инженерное (проектировочное) моделирование	- Эскизное и техническое 3D прототипирование;	AutoCAD Pro Plus; ANSYS-2021R1.
		-Функциональное построение схем и моделирование систем;	“Лоцман PLM”; EDS-Teamcenter и др.
		- Методы САПР.	SolidWorks; T-Flex.
2.	Имитационное (статистическое) моделирование	- Методы реинжиниринга;	SciLab.
		- Моделирование на байесовских сетях;	JPSS World 8.1.
		-Дискретно-событийное моделирование;	Plant Simulation12; ANSYS-2021R1.
		- Методы моделирования системной динамики;	Scicos-RTA; JModelica.org 1.13.
		- Агентное моделирование.	NetLogo; StarLogo.
3.	Системный анализ	- Моделирование на сетях Петри;	Scicos-HIL.
		- Методы аналитического планирования;	JPSS World 8.1.
		- Методы прикладной топологии.	MATLAB 6.1.0.
4.	Логико-вероятный анализ	- Схемы функциональной целостности;	CRISS 4.8; АРБИТР; SAPHIRE
		- Методы оценки риска на основе обобщенного логико-вероятностного метода.	RISK SPECTRUM; RELEX.
5.	Анализ изоморфности графов	- Поиск вложения в состав графа, изоморфных заданному	MathCad Prime 6.1.
6.	Интеллектуальный анализ баз данных	- Анализ связей в базе данных;	JPSS World 8.1.
		- Генетические алгоритмы;	MATLAB 6.1.0.

		- Факторный анализ на нечеткой логике;	AnyLogic Cloud; JPSS World 8.1.
		- Компонентный анализ.	AnyLogic; MATLAB 6.1.0.
7.	Расчетные методы проектирования информационно-телекоммуникационных сетей	-Методы оценки пропускной способности каналов и систем связи;	AnyLogic; MathCad Prime 6.1.
		-Модели количественной теории информации Шеннона;	MATLAB 6.1.0.
		-Оценка объемов хранения БД	ANSYS-2021R1.

Из данных, приведенных в Таблице 1.3.2. видно, что применяемые методы и программные средства моделирования и анализа информационно-мониторинговых сетей не позволяют учесть в полной мере специфику построения и функционирования указанных сетей для продукции наукоемкого приборостроения, в интересах мониторинга реализации этапов их жизненного цикла. Именно этот факт является основой в обосновании необходимости разработки комплексного научно-методического инструментария моделирования именно информационно-мониторинговых сетей для продукции наукоемкого приборостроения, в интересах мониторинга реализации этапов её жизненного цикла, обеспечивающего повышение уровня производственной деятельности указанных предприятий. Такой научно-методический инструментарий, состав которого будет обоснован в п.1.4., ориентирован на дальнейшее его применение по следующим направлениям:

1) Внедрение разработанного научно-методического инструментария, как инструментария инженера-системотехника, инженера-программиста при проектировании и формировании информационно-мониторинговых сетей для продукции наукоемкого приборостроения, как средств мониторинга реализации основных и поздних этапов жизненного цикла указанной продукции.

2) Использование предлагаемой совокупности моделей и методик, как методических средств в работе корпоративных органов управления предприятий наукоемкого приборостроения, органов ответственных за информатизацию и развитие информационно-телекоммуникационной инфраструктуры предприятия, при решении задач создания и развития

инфо-телекоммуникационной инфраструктуры поддержания услуг гарантийного и постгарантийного обслуживания поставляемой приборной техники.

3) В научно-исследовательских, опытно-конструкторских и технологических работах по разработке и совершенствованию распределенных информационных систем мониторинга реализации основных и поздних этапов жизненного цикла продукции наукоемкого приборостроения.

4) В образовательном процессе учебных заведений, ориентированных на подготовку технических специалистов и руководящих работников для производственной деятельности предприятий наукоемкого приборостроения.

Таким образом, междисциплинарный и эмпирический характер современного научно-методического инструментария моделирования информационно-мониторинговых сетей для продукции наукоемкого приборостроения объективно указывает на необходимость синтеза единого, специализированного аппарата организации информационного мониторинга реализации этапов жизненного цикла указанной продукции. Очевидно, что такой аппарат будет значим для теории и практики формирования информационно-мониторинговых сетей продукции наукоемкого приборостроения, в интересах мониторинга реализации этапов её жизненного цикла.

Констатация выше указанного, частного вывода диссертационного исследования позволила перейти к конкретизации и постановочной формулировке общей научной задачи данной работы.

1.4. Формулировка научной задачи исследования

Проводимая в РФ политика широкой цифровизации промышленных производств и технологических процессов, цифровой трансформации бизнеса (более известная в профессиональных кругах как хайтек-стратегия «Индустрия 4.0») на практике ведет к сквозному преобразованию в масштабах каждого предприятия всех процессов сбора, обработки, хранения и использования данных по сопровождению готовой продукции на всех этапах её жизненного цикла. В силу того, что именно степень удовлетворения потребностей конечного потребителя на основных и конечных этапах жизненного цикла определяют коммерческий успех поставляемой продукции, то мониторинг реализации этих этапов имеет в рамках указанной хайтек-стратегии не приходящее значение. Такое положение дел в полной мере относится и к сфере разработки, создания и продвижения на рынок продукции наукоемкого приборостроения.

В современных условиях организации производства мониторинг реализации этапов жизненного цикла изделий наукоемкого приборостроения реализуется прежде всего через формирование (развертывание) соответствующих информационно-мониторинговых сетей по каждому виду и серии изделий поставляемой продукции. При указанные сети организуются в среде и на базе информационных технологий соцсетей в глобальной сети Internet. Сама же сущностная организация такой сети; схема сбора, систематизации, хранения и обработки данных; организация распределенной базы данных и организация доступа к ней требует соответствующих обоснованных системологических и проектных решений. Для научно-полноценного обоснования и выработки таких решений необходимо применять соответствующий научно-методический инструментарий моделирования информационно-мониторинговых сетей продукции наукоемкого приборостроения, в интересах мониторинга реализации этапов их жизненного цикла, обеспечивающего повышение уровня производственной деятельности указанных предприятий.

Проведенное частное исследование показало, что на сегодняшний день указанный научно-методический инструментарий строится по междисциплинарному принципу, не является комплексным и не соответствует текущим технологическим задачам организации сетей для информационного мониторинга реализации этапов жизненного цикла рассматриваемой продукции, обеспечивающего повышение уровня производственной деятельности предприятий наукоемкого приборостроения. Следовательно, актуальность темы диссертационного исследования, в целом, определяется необходимостью разрешения объективного противоречия между существующей потребностью в комплексном и сбалансированном научно-методическом инструментарии моделирования информационно-мониторинговых сетей для продукции наукоемкого приборостроения, в интересах мониторинга реализации этапов её жизненного цикла и недостаточным уровнем развития этого инструментария, то есть, фактически, эмпирическим характером развертывания указанных сетей, в настоящий момент.

Научный характер данного диссертационного исследования основывается на общности полученных и обоснованных положений, выносимых на защиту (т.е. научных результатов), для предметно-технологической отрасли знания о моделировании информационно-мониторинговых сетей для продукции наукоемкого приборостроения, в интересах мониторинга реализации этапов её жизненного цикла, обеспечивающего повышение уровня производственной деятельности указанных предприятий. А также обобщением методов, приемов, частных моделей и методик синтеза, оценивания результативности и управления указанными информационно-мониторинговыми сетями на основе единого методологического подхода к организации производства.

Разработка комплексного научно-методического инструментария моделирования информационно-мониторинговых сетей для продукции наукоемкого приборостроения, в интересах мониторинга реализации этапов её жизненного цикла, определяется необходимостью полноценного преодол-

ния эмпирического характера используемых сегодня в практике технологических приемов и способов обоснования и синтеза указанных сетей. Именно это составляет теоретическую значимость текущего диссертационного исследования. Формулировка, детальная проработка и экспериментальная проверка научно-обоснованных средств организации мониторинга реализации этапов жизненного цикла продукции наукоемкого приборостроения позволяет достичь повышения уровня производственной и информационно-технологической деятельности предприятий наукоемкого приборостроения. Создаваемый научно-методический аппарат, с позиций реальной производственной практики, рассматривается как основа для разработки соответствующих узко прикладных процедур эффективного построения, совершенствования и конфигурирования конкретных информационно-мониторинговых сетей для соответствующих видов продукции наукоемкого приборостроения. Это составляет значимость результатов текущего исследования для практики современных производств, вовлеченных в процессы информатизации и цифровизации.

Осуществленный в ходе первичного частного исследования анализ предметной области мониторинга реализации этапов жизненного цикла продукции наукоемкого приборостроения и констатируемых для неё объективных противоречий дает возможность сделать вывод, что базовым компонентом разрабатываемого комплексного научно-методического инструментария моделирования информационно- мониторинговых сетей для указанной продукции, в интересах мониторинга реализации этапов её жизненного цикла, должна быть модель синтеза соответствующих сетей. Такая модель должна позволять при осуществлении синтеза структуры указанных сетей учитывать всю полноту гаммы факторов, влияющих на её результативность: пространственный охват на территории размещения, интенсивность сопровождаемых поставок продукции и мероприятий по её техническому обслуживанию, гетерогенность обрабатываемых данных по особенностям протекания ЖЦ изделий, и т.д. Эта модель создаст логико-

системную основу для построения, проектирования полнофункциональной канонической (м.б. избыточной) структуры рассматриваемых информационно-мониторинговых сетей. В свою очередь, учет прагматических факторов экономичности и ограниченности выделяемых ресурсов на поддержание той или иной информационно-мониторинговой сети в рамках модели выразиться в обоснованном упрощении её структуры, за счет отказа от наименее значимых информационных связей и элементов.

На основе такого рассмотрения предметной области, объекта и предмета диссертационного исследования в рамках указанной модели, становится возможным предложить соответствующие научно-методические средства оценки результативности и управления изменениями рассматриваемых сетей, а как следствие, и обобщающий аппарат информатизации мониторинга этапов жизненного цикла продукции наукоемкого производства на базе цифровых двойников.

Таким образом, научная задача создания комплексного научно-методического инструментария моделирования информационно-мониторинговых сетей для продукции наукоемкого приборостроения, в интересах мониторинга реализации этапов её жизненного цикла, обеспечивающего повышение уровня производственной деятельности указанных предприятий, представлена и далее рассматривается как совокупная последовательность частных научно-технологических задач разработки модели синтеза структуры указанных сетей и предложения конкретных научно-методических и программно-технологических средств их совершенствования. Именно в такой совокупности разработанные научно-методические средства обеспечат комплексность и сбалансированность решения научной задачи организации корректного информационного мониторинга реализации этапов жизненного цикла продукции наукоемкого приборостроения. Такой подход к дальнейшей реализации исследования позволит достичь цель повышения уровня производственной деятельности (производственных процессов)

предприятий наукоемкого приборостроения за счет применения и совершенствования соответствующих информационно- мониторинговых сетей, как средств мониторинга реализации этапов жизненного цикла выпускаемых приборов.

Следовательно, будет обоснованным принять следующий состав комплексного научно-методического инструментария моделирования информационно-мониторинговых сетей для продукции наукоемкого приборостроения, в интересах мониторинга реализации этапов её жизненного цикла и обеспечения повышения уровня производственной деятельности указанных предприятий:

- Модель синтеза структуры информационно- мониторинговой сети для продукции наукоемкого приборостроения;
- Модель оценки результативности информационно-мониторинговой сети продукции наукоемкого приборостроения;
- Методика управления изменениями информационно-мониторинговой сети для продукции наукоемкого приборостроения;
- Методика информатизации мониторинга этапов жизненного цикла продукции наукоемкого производства на базе цифровых двойников.

Сформулированные составные части научно-методического аппарата моделирования информационно- мониторинговых сетей для продукции наукоемкого приборостроения, в интересах мониторинга реализации этапов её жизненного цикла, в рамках данной диссертационной работы есть научные положения, выносимые на защиту.

Гипотеза диссертационного исследования, в целом, заключается в том, что если разработать и обоснованно ввести в научный оборот комплексный научно-методический инструментарий моделирования информационно- мониторинговых сетей для продукции наукоемкого приборостроения, в интересах мониторинга реализации этапов её жизненного цикла, то это позволит усовершенствовать мониторинг реализации таких этапов ЖЦ, а, как след-

стве, добиться повышения уровня производственной деятельности (производственных процессов) предприятий наукоемкого приборостроения.

Полноценное разрешение выше сформулированной научной задачи ниже представлено как решение таких частных задач диссертационного исследования:

- Предложить обобщенное представление процесса синтеза структуры информационно- мониторинговой сети для продукции наукоемкого приборостроения;

- Сформулировать логико-математическую модель оценки результативности информационно-мониторинговой сети продукции наукоемкого приборостроения;

- Разработать последовательность действий при управлении изменениями информационно-мониторинговой сети для продукции наукоемкого приборостроения;

- Обосновать и детально разработать последовательность действий при информатизации мониторинга этапов жизненного цикла продукции наукоемкого производства на базе цифровых двойников.

- Осуществить оценку эффективности разработанных составных частей научно-методического инструментария как в рамках диссертационного эксперимента, так и по результатам внедрения в соответствующие организационные процессы на приборостроительных предприятиях.

Достижение результатов по каждой из указанных частных задач составило существо данной диссертационной работы, в целом.

1.5. Выводы по 1 главе

1. Продукция наукоемкого приборостроения является высокосложными и дорогостоящими изделиями, поддержание технической готовности (эксплуатабельности) которых сопряжено со спецификой их создания, установки, пуско-наладки и комплексной стыковки на объекте эксплуатации.

2. Степень удовлетворения потребностей конечного потребителя на основных и конечных этапах жизненного цикла определяют коммерческий успех поставляемой продукции, мониторинг реализации этих этапов имеет в рамках современной хайтек-стратегии не приходящее значение.

3. Целью формирования информационно-мониторинговой сети данных о ходе эксплуатации и поддержания технической готовности продукции наукоемкого приборостроения является информационно-телекоммуникационная и логистическая поддержка функций формирования, слияния и хранения данных о ходе применения по назначению и поддержанию эксплуатационных характеристик указанной продукции.

4. Логической основой в проектировании и создании информационно-мониторинговых сетей, как элементов периферийного окружения корпоративных информационных систем предприятий наукоемкого приборостроения служит полноценное и многоуровневое моделирование полной совокупности функций мониторинга реализации основных и поздних этапов жизненного цикла соответствующих видов продукции.

5. Существующий инструментарий моделирования и анализа информационно-мониторинговых сетей для продукции наукоемкого приборостроения фрагментарен, имеет не достаточный интегральный уровень развития и требует научно-обоснованного совершенствования.

6. Актуальность темы диссертационного исследования определяется необходимостью разрешения объективного противоречия между существующей потребностью в комплексном и сбалансированном научно-

методическом инструментарии моделирования информационно- мониторинговых сетей для продукции наукоемкого приборостроения, в интересах мониторинга реализации этапов её жизненного цикла и недостаточным уровнем развития этого инструментария, то есть, фактически, эмпирическим характером развертывания указанных сетей, в настоящий момент.

7. В работе обоснованно принят состав комплексного научно-методического инструментария моделирования информационно-мониторинговых сетей для продукции наукоемкого приборостроения, в интересах мониторинга реализации этапов её жизненного цикла и обеспечения повышения уровня производственной деятельности указанных предприятий.

Глава 2. Разработка базовых моделей информационно-мониторинговых сетей реализации этапов жизненного цикла продукции наукоемкого приборостроения

2.1. Разработка модели синтеза структуры информационно-мониторинговой сети

Модель синтеза структуры информационно-мониторинговой сети для продукции наукоемкого приборостроения в своем описании состоит из 3 информационно-логических блоков, а именно:

- постановка задачи синтеза структуры сети;
- интеграция и статистическое обоснование сводной структуры сети;
- обоснование информационного обеспечения синтеза структуры сети.

Последовательное содержательное представление выше приведенных информационно-логических блоков дает возможность описать модель в целом.

2.1.1. Постановка задачи синтеза структуры информационно-мониторинговой сети продукции наукоемкого приборостроения

Процесс синтеза структуры информационно-мониторинговой сети продукции наукоемкого приборостроения изначально имеет целью обоснованное выделение необходимого и достаточного, но не избыточного назначения узлов указанной сети, для эффективного сбора, обобщения и интеграции данных по ходу и особенностям эксплуатации мониторируемых единиц продукции, а также экономически-, организационно- и технически- рациональное определение количества и качества телекоммуникационных каналов информационного взаимодействия указанных узлов. При этом, подразумевается, что каждый узел в организационно-техническом плане представляет собой некоторый программно-системный ресурс и ресурс накопления данных (т.е. информационно-вычислительный ресурс в виде сетевых серверов,

серверов баз данных и программных сервисов). В свою очередь, каналы телекоммуникационного обмена, при современном уровне инфотелекоммуникационных технологий не следует понимать, как некоторые физически выделенные каналы связи. Как правило, это некоторый пакетный вариант передачи информации между абонентами в рамках трафика глобальной сети Internet (т.е. передача данных между узлами информационно-мониторинговой сети представляет собой сетевое коммуницирование в рамках глобальной сети, в рамках которого вторая сеть выступает в качестве транспортной для передачи данных первой).

Очевидно, что практическая организация и построение любой информационно-мониторинговой сети продукции наукоемкого приборостроения в виде, показанном на рисунках 1.1.1. и 1.1.2., во многом связана с различными организационными (влияние территориального размещения филиальной сети, наличие помещений для размещения, соответствующих Data-центров и т.п.) и прагматическими (стоимость трафика у различных провайдеров, региональные возможности различных Internet-провайдеров и т.п.) вопросами. Однако, очевидно, что структура любой информационно-мониторинговой сети определяется прежде всего пространственным распределением конкретных единиц продукции на соответствующем географическом театре относительно предприятий-изготовителей и центров гарантийного и постгарантийного обслуживания. Именно анализ обменов информацией по реализации основных этапов жизненного цикла таких единиц продукции и указанными центрами определяет идеальную (каноническую) структуру любой информационно-мониторинговой сети конкретного вида продукции наукоемкого приборостроения или изделий соответствующего изготовителя. Синтез именно такой канонической структуры информационно-мониторинговой сети продукции наукоемкого приборостроения и представляет собой предмет одноименной модели.

Таким образом, модель синтеза структуры информационно-мониторинговой сети для продукции наукоемкого приборостроения пред-

ставляет собой научно-методический инструментарий для обоснованного построения канонической (т.е. объективно учитывающей реальный информационный обмен между разработчиками, производителями и эксплуатантами конкретных видов продукции наукоемкого приборостроения) структуры сети, на которую, в дальнейшем, уже накладываются ограничения организационного и прагматического характера.

Основной единицей в анализе интенсивности информационного обмена между местами расположения (дислокации) единиц продукции наукоемкого приборостроения и дальнейшем построении каналов информационного обмена выступает такое условное понятие как транзакция информационного обмена по вопросам эксплуатации конкретного вида (типа, класса, серии, партии и пр.) указанной продукции, далее по тексту – транзакция информационного обмена, или просто транзакция. Примером транзакции может служить передача любой формализованной информации: от пересылки товарно-транспортной накладной на поставку конкретного экземпляра продукции, до передачи сводки в интегральном виде, обобщающей данные по особенностям эксплуатации группы изделий на определенном географическом театре. Очевидно, что транзакции по своей информационно-семантической нагрузке, важности и объему передаваемой информации могут быть различными, но в рамках рассматриваемой модели данная смысловая категория рассматривается как инвариантная к указанным свойствам. Транзакция учитывается как единичный, элементарный факт в передаче соответствующих данных по эксплуатации конкретного экземпляра продукции наукоемкого приборостроения (Например: передача накладной на изделие из пункта А в пункт В, списание элементов ЗИПа при ремонте изделия и пр.).

Каноническая структура информационно-мониторинговой сети продукции наукоемкого приборостроения изначально понимается как некоторая последовательность географических точек размещения узлов обработки и интеграции информации на траектории движения информационных потоков данных об эксплуатации указанных изделий. Иными словами, воз-

можно трактовать категорию «структура информационно-мониторинговой сети» как совокупный геопространственно ориентированный и координированный граф, описывающий логические последовательности в сборе, обобщении и интеграции информации от эксплуатантов и организаций постгарантийного (гарантийного) обслуживания о специфике хода эксплуатации продукции наукоемкого приборостроения в процессе её направления в сторону изготовителя (разработчика) указанной продукции, а также процессов обратной связи между указанными сторонами.

Выработка логико-математического и программно-алгоритмического аппарата синтеза и корректного представления канонической структуры информационно-мониторинговой сети продукции наукоемкого приборостроения как в графическом виде структурированной иерархии, так и в виде графа на электронной карте, а также корректного обобщения, интеграции эксплуатационных и географических данных, составляет суть предлагаемой модели. Конструктивная новизна такой модели заключается в том, что она сориентирована на пошаговый статистически накапливаемый микроанализ пространственных транзакция информационного обмена, представляемых как частных траекторий. Этот конструктив отличается от встречающегося подхода в ГИС-приложениях, отображающих потоковые данные об информационном взаимодействии в виде обобщенно-осредненных значений интенсивности обменов за период времени, что является мало показательной характеристикой мониторируемого процесса.

С информационно-технологической точки зрения, синтез исходной структуры информационно-распорядительных связей при эксплуатации конкретизированного вида продукции наукоемкого приборостроения на базе пространственной интерпретации интенсивности транзакций информационного обмена в процессе эксплуатации указанных единиц продукции одного производителя и географических данных представляет собой обоснованное построение графа, соединяющего географические точки нахождения изделий, подразделений технической поддержки, складов, региональных пред-

ставительств изготовителя и пр., с привязкой к тем или иным значимым параметрам такого взаимодействия. (Именно через обобщение исходных структур информационно-распорядительных связей в дальнейшем получается каноническая структура соответствующей информационно-мониторинговой сети.) При этом узлы(вершины) синтезируемого графа имеют строгую пространственно-географическую привязку, а дуги имеют условно-показательный характер. Пример построения исходной структуры информационно-распорядительных связей для конкретизированного вида продукции наукоемкого приборостроения показан на Рисунке 2.1.1. Построение указанного графа имеет множество особых черт в условиях объективной фрагментарности и не полной структурированности исходных данных по эксплуатации различных видов продукции наукоемкого приборостроения.

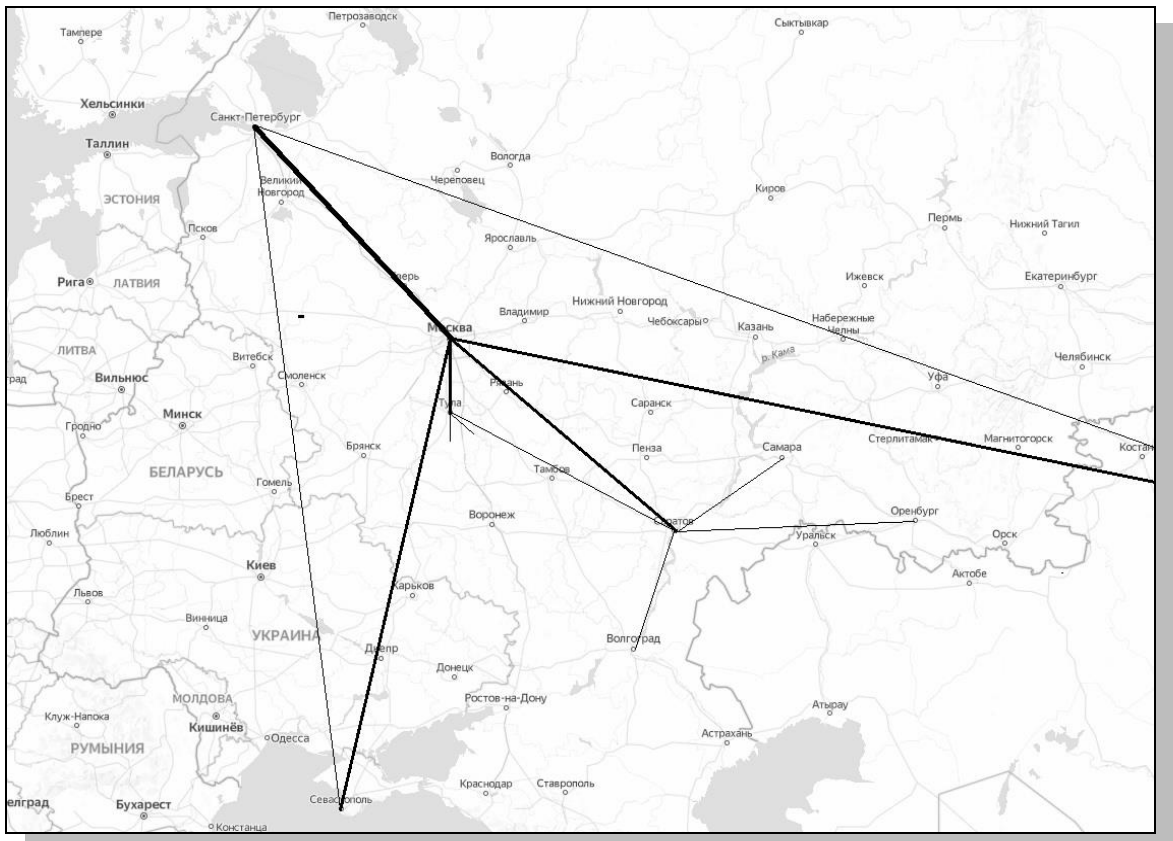


Рисунок 2.1.1. – Пример исходной структуры информационно-распорядительных связей для конкретного вида продукции

Практическая применимость этого научно-методического инструментария достигается за счет сочетания возможностей методов интеграции ин-

формации, приемов статистической обработки информации и геоинформационных технологий. Для этого решается, как правило, следующий ряд задач:

— вероятностная оценка и учет при обработке транзакция информационного обмена по вопросам эксплуатации конкретного вида (типа, класса, серии, партии и пр.) указанной продукции их неравнозначного (разновесного) характера;

— учет нечеткости, неполноты поступающих данных эксплуатации конкретного вида (типа, класса, серии, партии и пр.) указанной продукции в виде соответствующих доверительных интервалов и доверительных вероятностей;

— учет влияния изменений самих условий и правил эксплуатации во времени или/и в различных регионах;

— оценка влияния специфических особенностей комплексирования, гармонизации и интеграции исходных данных обмена по вопросам эксплуатации конкретного вида продукции;

— и ряд других подобных задач [41].

В свою очередь, исходная структура информационно-распорядительных связей при эксплуатации продукции наукоемкого приборостроения позволяет спрогнозировать и добиться уже в процессе проектирования снижения нечеткости, неточности в организации указанной сети для решения таких вариантов информационно-управленческих задач:

— установление возможности быстрой комплектации продукции необходимыми типовыми элементами замены, пополнения запасного имущества и принадлежностей (ЗИП) изделий, и пр.;

— выявление сомнительной или недостоверной информации, поступающей от первичных источников (эксплуатантов);

— уточнение накопленных и обобщенных ретроспективных данных в базах данных по эксплуатации конкретных видов продукции;

— интеллектуальный анализ накопленных данных по эксплуатации с целью выявления закономерностей в проявлении часто случающихся фактов неисправностей, отказов и т.п.

Процесс построения структуры сети, объективно учитывающей реальный информационный обмен между разработчиками, производителями и эксплуатантами конкретных видов продукции наукоемкого приборостроения, алгоритмически есть совокупность шагов комплексирования, суммирования и слияния данных о всех геопространственных фактах передачи информации по эксплуатации изделий, зафиксированных в соответствующих документах (прежде всего электронных) в течение назначенного периода времени с выдачей потребителю результата в виде обобщенного графа в ГИС. Вершины указанного обобщенного графа в ГИС имеют четкую геопривязку, а соответствующие характеристики его ребер (толщина, интенсивность цвета и т.д.) обозначают собой определенные параметры обобщения данных по транзакциям при эксплуатации продукции наукоемкого приборостроения. Именно таким образом построенная каноническая структура информационно-мониторинговой сети продукции наукоемкого приборостроения позволяет в дальнейшем анализировать, структурно вычленять и показательно исследовать скрытые факты по специфике протекания процессов жизненного цикла продукции наукоемкого приборостроения, особенностям её полноценной эксплуатации и применения по назначению.

Модель синтеза структуры информационно-мониторинговой сети для продукции наукоемкого приборостроения как научно-методический и алгоритмический аппарат проектирования не носит универсального характера для всех типов рассматриваемой аппаратуры, но он позволяет для различных гетерогенных категорий продукции наукоемкого приборостроения реализовывать возможности параметризации и увеличения номенклатуры типов решаемых прикладных задач по анализу организационно-технических и геопространственных аспектов хода массовой эксплуатации указанной продукции. Выявление границ области её применимости, а, соответственно,

граничных условий использования есть предмет, выходящий за рамки данного диссертационного исследования [41].

Базовой основой для синтеза канонической структуры информационно-мониторинговой сети продукции наукоемкого приборостроения на основе исходных структур информационно-распорядительных связей при их эксплуатации выступает подпроцесс накопления (суммирования) и статистического обоснования такой исходной структуры на массиве (значимой выборке) транзакций по каждому экземпляру продукции наукоемкого приборостроения, что показано в пп.2.1.2.

2.1.2. Интеграция и статистическое обоснование структуры сводной сети

Суммирование и обобщение исходных структур информационно-распорядительных связей для конкретного вида продукции в составе сводной структуры информационно-мониторинговой сети для всех видов (типов, классов и пр.) продукции одного изготовителя не является механическим процессом линейного обобщения. Линейное обобщение приводит к хаотическому и неупорядоченному росту сводного графа, что показано на Рисунке 2.1.2. Такой не конструктивный рост не позволяет упорядочить линии информационных связей, оптимизировав (рационализировав) их количество между конечным числом узлов сети. Именно этим фактом определялась в рамках диссертационного исследования необходимость разработки специализированного математико-статистического аппарата интеграции и рационального обоснования структуры сводной информационно-мониторинговой сети.

Построение структуры сводной информационно-мониторинговой сети на базе интеграции исходных структур информационно-распорядительных связей для конкретных видов продукции наукоемкого приборостроения есть статистически обоснованное слияние упорядоченного семейства вершин из

всех исходных сетей в сводную граф-структуру, в рамках которой дуги сохраняют свойства присущие дугам исходных граф-структур.

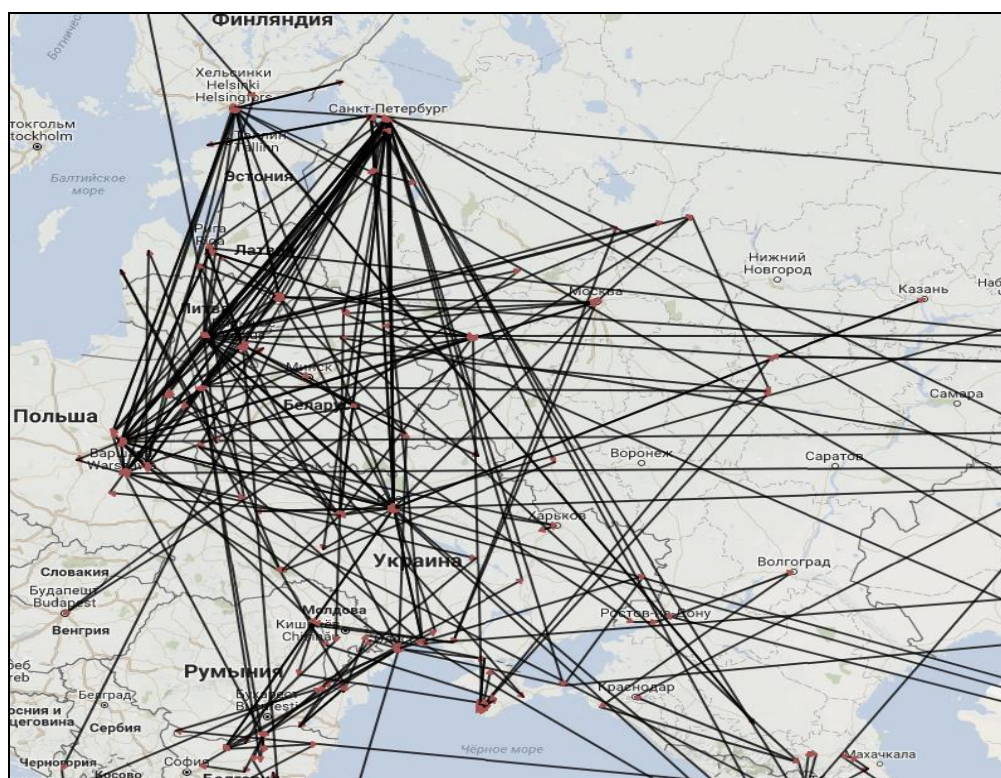


Рисунок 2.1.2. – Пример линейного суммирования исходных структур информационно-распорядительных связей по конкретным видам продукции

Выше указанное построение структуры сводной информационно-мониторинговой сети реализуется через получение суммарной картины о всех транзакциях данных по эксплуатации экземпляров рассматриваемой продукции, принимаемых во внимание при разработке, о наличии и направленности устойчивых транзакций между географическими пунктами $\{c_i\}$ расположения единиц продукции наукоемкого приборостроения (в т.ч. различных подразделений по их техническому обслуживанию, складов и пр.), установлением на её основе сводно-интегрированной структуры искомой сети и проведением рационализации, применительно к специфике текущей номенклатуры продукции.

Первичными данными для выше указанного построения структуры сводной сети являются матрицы, описывающие дуги исходных граф-

структур информационно-распорядительных связей по конкретным видам продукции:

$$\|a_{ij}^k\|, i, j, k \in \mathbb{N}, \quad (2.1.1)$$

где : \mathbb{N} – множество натуральных чисел;

k - индекс конкретного вида продукции наукоемкого приборостроения;

i, j -индексы вершин граф-структуры, соответствующие географическим точкам расположения единиц продукции наукоемкого приборостроения;

Указанные матрицы исходных данных по транзакциям в математическом смысле, с т.з. теории графов, есть двуразмерные матрицы смежности или матрицы трансцендентности, у которых компоненты определяются на бинарном множестве:

$$a_{ij} \in \{0,1\}, \quad (i, j = \overline{1, \rho}), \quad (2.1.2)$$

где: ρ - сводное количество всех направлений транзакций данных по эксплуатации продукции наукоемкого приборостроения. При этом каждое конкретное направление транзакций данных по эксплуатации указанной продукции, выбирается применительно к следующему отношению учета направленности транзакций:

$$a_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{если } i - \text{ый пункт направляет транзакцию в } j - \text{ый;} \\ 0, & \text{если } j - \text{ый пункт направляет транзакцию в } i - \text{ый} \\ & \text{или они не взаимодействуют в ходе эксплуатации} \end{cases} \quad (2.1.3)$$

При этом, очевидно, что в матрице $\|a_{ij}\|$, описывающей дуги некоторой исходной граф-структуры информационных связей по эксплуатации конкретного вида продукции, реализуется принцип диагональности:

$$a_{ii} = a_{jj} = 0 \quad (2.1.4)$$

Накопленное семейство матриц смежности $\|a_{ij}^k\|$ по рассматриваемым k типам, видам и пр. продукции наукоемкого приборостроения одного произ-

водителя (разработчика) дает возможность просуммировать их в сводную матрицу $\|z_{ij}\|$:

$$z_{ij} = \sum_{k=1}^K a_{ij}^k, \quad (2.1.5)$$

где K – сводное число всех типов, видов и пр. продукции наукоемкого приборостроения, учитываемых при мониторинге их жизненного цикла.

Такая матрица есть линейная сумма всех матриц смежности, фиксирующих структуры информационно-распорядительных связей каждой из единиц продукции наукоемкого приборостроения. На основании сводной матрицы $\|z_{ij}\|$ становится возможным сформировать матрицу, описывающую каноническую структуру информационно-мониторинговой сети для всей номенклатуры учитываемой продукции наукоемкого приборостроения.

Преобразование сводной матрицы $\|z_{ij}\|$ в матрицу $\|d_{ij}\|$ смежности графа канонической структуры информационно-мониторинговой сети, для которой верно:

$$d_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{если } C_i \succ C_j, \\ 0, & \text{иначе} \end{cases}, \quad (2.1.6)$$

а символ “ \succ ” задает направление информационного доминирования в системе информационно-распорядительных связей, на основе сводной матрицы $\|z_{ij}\|$ в своей математической сущности есть логико-алгоритмическая задача проверки вероятностно-статистического вывода. При этом под информационным доминированием понимается организационное старшинство в иерархии органов организации эксплуатации, превосходство в количестве производимых трансакций и пр., математически описываемое отношением строгого порядка, которое является антирефлексивным, транзитивным, антисимметричным при его задании между элементами семейства географических пунктов $\{C_\rho\}$. Семейство (т.е. проиндексированное множество) географических пунктов $\{C_\rho\}$ в которых размещены единицы продукции наукоемкого приборостроения, полностью упорядоченно при введенном отношении по-

рядка, если сравнимы произвольно выбранные два элемента $c_i \in \{C_\rho\}$. Во всех других вариантах такое семейство будет являться частично упорядоченным. Следовательно, при выше указанной постановке логико-алгоритмическая субзадача проверки вероятностно-статистического вывода будет заключаться в обоснованном формировании матрицы смежности графа канонической структуры информационно-мониторинговой сети $\|d_{ij}\|$ через пошаговое преобразование $\|z_{ij}\|$, проводимое для установления соответствующего отношения порядка между элементами из $\{C_\rho\}$. Установление соответствующего отношения порядка дает возможность обоснованно построить граф G канонической структуры информационно-мониторинговой сети.

Иными словами, в формализованно-алгоритмическом понимании получаемая путем суммирования матриц исходных структур информационно-распорядительных связей матрица $\|z_{ij}\|$ может быть рассмотрена и проанализирована как генеральная совокупность повторяющихся единичных испытаний, которые обладают независимостью в их реализации. Вышесказанное означает, что к обработке совокупности повторяющихся единичных испытаний возможно применить логико-алгебраический матаппарат испытаний Бернулли на 3 исхода.

Постулируется, что рассматриваемые исходы в каждом из испытаний равновероятны. То есть,

$$p = p_{ij} = p_{ji}, \quad (2.1.7)$$

где:

p_{ij} - вероятность того, что при передаче данных по эксплуатации отношение порядка между i -ым и j -ым пунктами размещения продукции строго есть и

$$c_i \succ c_j; \quad (2.1.8)$$

p_{ji} - вероятность того, что при передаче данных по эксплуатации отношение порядка между i -ым и j -ым пунктами размещения продукции строго есть и

$$c_i \prec c_j; \quad (2.1.9)$$

p - вероятность того, что отношения порядка между i -ым и j -ым пунктами размещения продукции не задано или между ними нет информационного взаимодействия, т.е. транзакций передачи данных по эксплуатации продукции наукоемкого приборостроения. Из (2.1.7) – (2.1.9) вытекает:

$$] (p_{ij} + p_{ji} + p = 1) \Rightarrow p_{ij} = p_{ji} = p = 1/3. \quad (2.1.10)$$

В таком случае, самым числом испытаний Бернулли выступает текущее значение k всех типов, видов и пр. продукции наукоемкого приборостроения, учитываемых при мониторинге их жизненного цикла. Тогда, случайная величина z_{ij} будет подчинена биномиальному закону распределения, представимому как функциональное соотношение:

$$F(r, k, p_{ij}) = \binom{K}{r} p_{ij}^r (p_{ji} + p)^{k-r}, \quad (2.1.11)$$

где: $F(r, k, q_{ij})$ — закон распределения вероятности того, что из k реализаций транзакций информационного обмена данными по вопросам эксплуатации r единичных испытаний (элементарных транзакций) будет за задание отношения порядка $c_i \succ c_j$ с некоторой вероятностью p_{ij} ;

$\binom{K}{r}$ - комбинаторный компонент равный числу сочетаний из K по r .

Тогда,

$$F(r, k, p_{ij}) = P(z_{ij}=r). \quad (2.1.12)$$

В силу того, что реализация каждой конкретной транзакции никак не зависит от исполнения всех остальных транзакций (т.е. это процесс с независимыми приращениями), то распределение $F(r, k, p_{ij})$ изначально определенное по биномиальному закону распределения аппроксимировано законом Пуассона. В свою очередь, аппроксимированное распределение $F(r, k, p_{ij})$ при указанном выше пуассоновском приближении по биномиальному распределению будет иметь следующий формульный вид

$$F(r, K, p_{ij}) \approx (\mu^K / r!) \exp(-\mu), \quad (2.1.13)$$

где

$$\mu = Kq_{ij} \quad (2.1.14)$$

Дальнейшая аппроксимация квазипуассоновского распределения (2.1.13) для непрерывного варианта представления аналитически формализуется по закону нормального распределения

$$F^*(r, K, p_{ij}) \approx (1/\sqrt{2\pi}) \int_{-\infty}^K \exp(-r^2/2) dr \quad (2.1.15)$$

с соответствующей плотностью распределения

$$f(r, K, p_{ij}) \approx (1/\sqrt{2\pi}) \exp(-r^2/2). \quad (2.1.16)$$

Вышеописанное апроксимационное восприятие распределения $F(r, K, q_{ij})$ как нормального, априорно дает возможность применить стандартизированный в статистике математический метод проверки вероятностного вывода для случая организации испытаний по схеме Бернулли. Суть такого метода заключается в обоснованном расчете некоторого порогового значения S_k , транзакций реализованных за исследуемый период в направлении, соответствующего отношению порядка $c_i \succ c_j$ из общего числа k транзакций между узлами сети c_i и c_j , что дает возможность с задаваемым извне уровнем риска α ввести такое отношение.

Для m вариантов реализации направлений транзакций значение S_k рассчитывается так:

$$S_k \geq m^{-1}[K + t_\alpha \sqrt{K(m-1)}] \text{ для } (p_{ij} = 1/m). \quad (2.1.17)$$

Задаваемый параметр α задает уровень доверия/ не доверия к принимаемому результату интерпретации направленности транзакций и является величиной обратной к доверительной вероятности. Учитывая сложившуюся практику аналогичных оценок в статистических исследованиях следует считать

$$\alpha \in (0,1; 0,2). \quad (2.1.18)$$

Далее в рамках модели синтеза структуры информационно-мониторинговой сети для продукции наукоемкого приборостроения постулировано

$$\alpha = 0,1. \quad (2.1.19)$$

Также в рамках вышеуказанной модели для $m = 3$ уточнено функциональное выражение (2.1.17) до

$$S_k \geq 1/3(K + t_\alpha \sqrt{2K}), \quad (2.1.20)$$

где: t_α - квантиль нормального распределения – табулированная константа вытекающая из соотношения

$$\alpha = 1 - F^*(t_\alpha). \quad (2.1.21)$$

Т.о., преобразование сводной матрицы $\|z_{ij}\|$ в итоговую матрицу $\|d_{ij}\|$ смежности графа канонической структуры информационно-мониторинговой сети представимо в следующем виде

$$d_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{при } S_k \leq Z_{ij} \\ 0, & \text{при } S_k > Z_{ij} \end{cases}. \quad (2.1.22)$$

Для преодоления при переводе (2.1.22) вырожденного варианта

$$Z_{ij} = Z_{ji} = S_k \quad (2.1.23)$$

следует либо нарастить временной интервал рассмотрения, либо пойти на увеличение уровня риска α (т.е. на некоторое снижение уровня доверительной вероятности к результатам) и задать более низкое значение S_k для ранее полученной матрицы $\|z_{ij}\|$. Матрица $\|d_{ij}\|$ смежности графа канонической структуры информационно-мониторинговой сети должна соответствовать требованию диагональности

$$d_{ii} = d_{jj} = 0. \quad (2.1.24)$$

В конечном итоге именно матрица $\|d_{ij}\|$ смежности графа канонической структуры информационно-мониторинговой сети формально вводит избыточную структуру G указанной сети

$$G = \langle C, U \rangle, \quad (2.1.25)$$

где: C - семейство (т.е. проиндексированное множество $\{C_\rho\}$) географических пунктов, в которых размещены единицы продукции наукоемкого приборостроения, центры их технического обслуживания;

U - подмножество дуг канонической структуры информационно-мониторинговой сети, интерпретирующее отношения порядка из матрицы $\|d_{ij}\|$.

На основании известного свойства транзитивности, присущего отношениям строгого порядка U , задающим направления дуг-связей между географическими пунктами (точками) из $\{C_\rho\}$, возможно реализовать эквивалентное удаление дуг-транзитивных замыканий. Отдельно рассмотренная дуга (c_i, c_k) является транзитивно-замыкающей при том, что она удовлетворяет соотношению

$$\forall c_i, c_j, c_k \in C((c_i < c_j) \& (c_j < c_k) \& (c_i < c_k)). \quad (2.1.26)$$

В рамках синтезируемой канонической структуры информационно-мониторинговой сети транзитивно-замыкающие дуги, как соответствующие транзитивные замыкания на графах, удаляются. Существо такого удаления транзитивно-замыкающих дуг указанной сети показано на Рисунке 2.1.3.

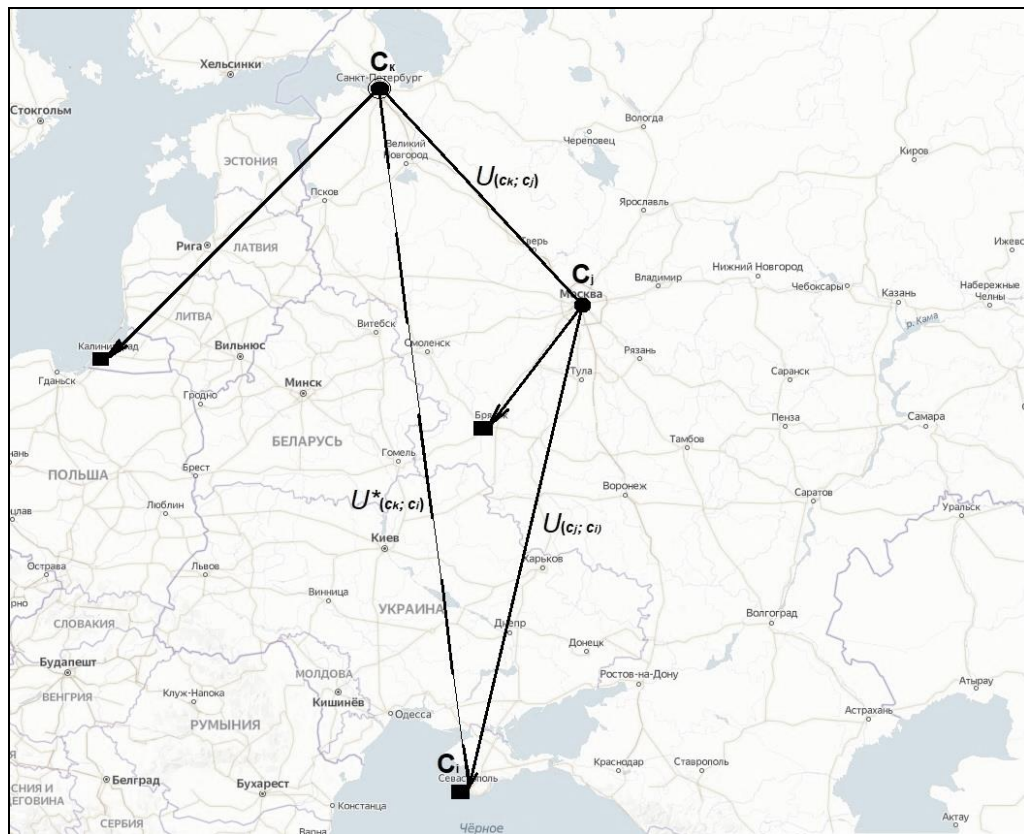


Рисунок 2.1.3. – Пример эквивалентного удаления транзитивных замыканий в канонической структуре информационно-мониторинговой сети

Таким образом, построенная на основе статистической обработки первичных данных о транзакциях данных по эксплуатации продукции наукоемкого приборостроения каноническая структура G^+ информационно-мониторинговой сети это двухкомпонентное множественное уравнение вида

$$G^+ = \langle C, U^+ \rangle \quad (2.1.27)$$

где: U^+ ($U^+ \subseteq U$) — семейство транзитивных замыканий дуг, не подпадающих под соотношение (2.1.26).

Именно двойка (2.1.27) задает каноническую структуру информационно-мониторинговой сети сбора и интеграции данных об особенностях эксплуатации продукции наукоемкого приборостроения в виде, показанном на Рисунке 1.1.1.

Таким образом, модель синтеза структуры информационно-мониторинговой сети для продукции наукоемкого приборостроения позволяет за конечное число шагов обработать (статистически интерпретировать) данные о транзакциях между географическими пунктами размещения единиц указанной продукции в соответствующую структуру искомой сети.

2.1.3. Информационное обеспечение реализации синтеза структуры информационно-мониторинговой сети

Логико-семантическая сложность предлагаемой модели синтеза структуры сети предполагает строгое определение последовательности действий с подготовленными массивами данных в реализации синтеза структуры информационно-мониторинговой сети. При этом в рамках указанного структурирования дуги синтезируемого графа-структуры инвариантны к физической сущности реализации каждой такой дуги-связи. Физически указанная связь может реализовываться с использованием любых самых современных технологий сетевого взаимодействия. Например, с использованием технических решений и информационно-коммуникационной технологии, приведенных в Приложении Б.

На практике применение модели синтеза структуры информационно-мониторинговой сети для продукции наукоемкого приборостроения подразумевает некоторую последовательный ряд мероприятий по реализации указанной модели над соответствующими массивами первичных данных в рамках соответствующего программного приложения. Такое приложение призвано фактически автоматизировать предлагаемую модель синтеза. В ходе диссертационного исследования автором была разработана программная модель указанного приложения, что доказало реализуемость предлагаемой логико-математической модели синтеза рассматриваемых сетей и позволило апробировать её. Вышеуказанный ряд мероприятий по реализации предлагаемой модели синтеза над соответствующими массивами первичных данных, а также подготовка указанных массивов, в рамках соответствующего программного приложения в себя включает:

1. Формирование отдельной схемы данных и соответствующего массива формализованной информации по географическим точкам (т.е. населенным пунктам, вынесенным вне населенных пунктов постов, объектов на географических театрах и пр.) в которых установлены, размещены для базирования единицы продукции наукоемкого приборостроения рассматриваемого производителя, а также находятся офисы организаций – эксплуатантов, - технического сервиса, -разработчика или поставщика продукции (далее – агентов эксплуатации). При этом считается, что именно в этих географических точках указанные единицы продукции получают техническое обслуживание. В эти же массивы вносятся данные по географическим точкам размещения офисов и опорных пунктов эксплуатирующих компаний, подразделений технического обслуживания и нахождения проектанта, изготовителя и пр. рассматриваемой продукции наукоемкого приборостроения.

В рамках последовательности реализации синтеза структуры информационно-мониторинговой сети продукции наукоемкого приборостроения принимается, что географическим пунктом (населенным пунктом) размещения той или иной организации-эксплуатанта или подразделения по техниче-

скому обслуживанию продукции является поселение, в котором размещается соответствующий офис, контора или штаб-квартира, а в случае отсутствия указанных организационно-штатных формирований – географическое местоположение рабочего места руководителя (директора) таких организации или подразделения. Такие географические пункты размещения назначаются на текущий период единожды. В свою очередь, строгие координаты географических пунктов (населенных пунктов) размещения определяются по точным географическим координатам (широта и долгота места) нахождения соответствующего главного почтамта или почтового отделения, или почтовой станции в рассматриваемом населенном пункте. Соответственно, формат задания указанного массива данных по географическим точкам (т.е. населенным пунктам, вынесенным вне населенных пунктов постов, объектов на географических театрах и пр.) в которых установлены, размещены для базирования единицы продукции наукоемкого приборостроения рассматриваемого производителя и агентов эксплуатации показан в Таблице 2.1.1.

Таблица 2.1.1. – Основные поля массива данных по географическим точкам размещения продукции наукоемкого приборостроения, агентов эксплуатации

№ п/п	Специальное учетное обозначение	Наименование населенного пункта, местоположения поста размещения, отдельного географического объекта	Географическая широта	Географическая долгота
1.	<i>6к1р12386н</i>	<i>г. Антивари (до 1952г – г.Бар)</i>	<i>42 09'12" N</i>	<i>19 08' 99" O</i>
2.	<i>4с4х89547о</i>	<i>г. Гродно</i>	<i>53 66' 93" N</i>	<i>23 81'31" O</i>
3.
4.	...			

Выявление факта объявления нового названия географического пункта при сохранении его координат потребует корректировки данных в поле «Наименование населенного пункта, местоположения поста размещения, отдельного географического объекта». В свою очередь перемена координат географического пункта при постоянстве наименования влечёт за собой введение обновлённых данных о самом пункте с новым заданием такового в поле «Наименование населенного пункта, местоположения поста размещения, отдельного географического объекта» соответствующей даты во времени, с которой таковые изменения стали официальными. Главное, что в приведен-

ном массиве данных не должно быть разных записей о географических пунктах с одними и теми же данными о координатах места. Реализация этого тезиса должна воплощаться в жизнь определенной программной процедурой по надзору за точностью данных в массиве по географическим точкам размещения продукции наукоемкого приборостроения. Названия географических пунктов вводятся по их полному наименованию, т.е. с указанием принадлежности к району, области, региону или республике.

При программной реализации указанный массив данных по географическим точкам размещения продукции наукоемкого приборостроения и агентов эксплуатации позволяет, с помощью специализированной утилиты, автоматически сформировать исходное поле географических точек – избыточного множества вершин исходной структуры информационно-распорядительных связей для конкретного вида продукции. Пример такого формирования в соответствующей программной среде, разработанной в качестве апробационной версии автоматизации предлагаемой модели, приведен на Рисунке 2.1.4.

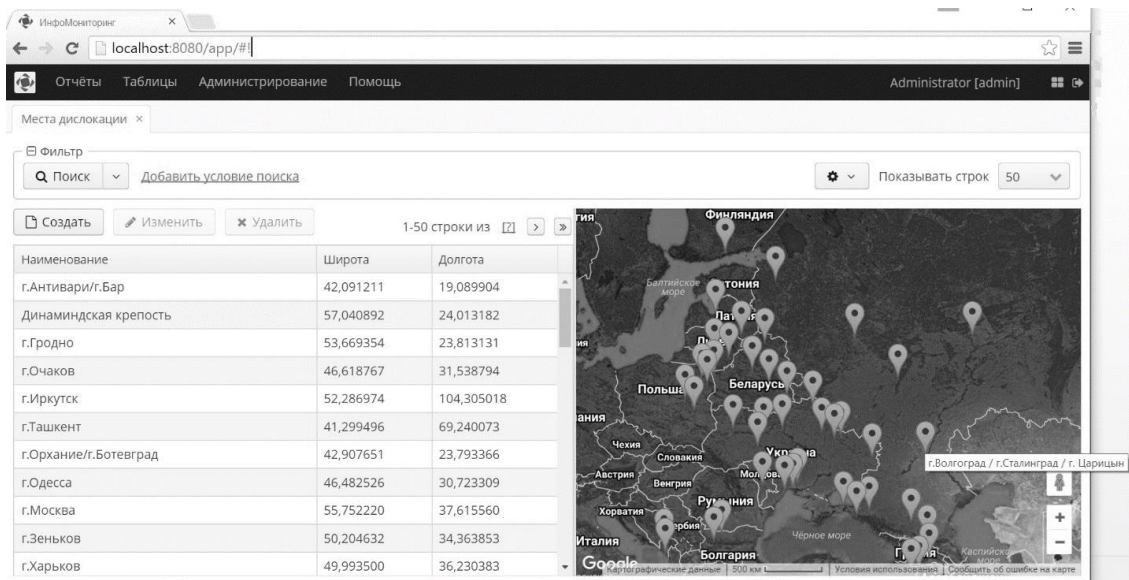


Рисунок 2.1.4. – Пример программной обработки массива данных по географическим точкам размещения продукции и агентов эксплуатации

2. В соответствующем массиве данных осуществляется накопление формализованной информации по организациям-эксплуатантам и агентам эксплуатации выше указанных единиц продукции. Это также выглядит как

занесение определенных записей в назначенную структуру данных, показанную в Таблице 2.1.2.

При назначении состава организаций-эксплуатантов и агентов эксплуатации за логическую основу в градировании организаций взято такое понятие, как «отдельное юридическое лицо, имеющее единицу продукции на своем балансе в текущий момент времени». При невозможности непосредственно интерпретировать место дислокации и эксплуатации той или иной единицы продукции наукоемкого приборостроения по вышеуказанному логическому основанию следует принудительно (искусственно) назначить вышестоящее объединяющее звено: головная компания, объединенное командование и пр. Время доставки изделия на объект эксплуатации, ввода в эксплуатацию, вывода в ремонт и т.д. принимаются с точностью до конкретной даты (дня). При этом разрывов по времени в хронологии перемещений (передач) единицы продукции между поставщиками, эксплуатантами, ремонтниками и пр. не допускается. Возможно такое понятие: «по настоящее время». Изменение наименования организации-эксплуатанта или - агента эксплуатации, ее поглощение другими аффилированными бизнес-структурами рассматривается как факт прекращения ее наличия и создания нового юридического лица – эксплуатанта или агента эксплуатации.

Таблица 2.1.2. – Основные поля массива по организациям-эксплуатантам, агентам эксплуатации продукции наукоемкого приборостроения

№ п/п	Организация – эксплуатант (Агент эксплуатации)	Этап жизненного цикла изделия	Географический пункт объекта размещения изделия	Срок начала периода эксплуатации (этапа жизненного цикла)	Срок окончания периода эксплуатации (этапа жизненного цикла)
1.	ФГБУ ССО «Иркутская специализированная авиатехническая школа»	Базовая эксплуатация	г. Иркутск	15.03.2005г.	10.02.2015г.
		Средний ремонт	г. Санкт-Петербург	10.02.2015г.	30.12.2015г.
2.	...				

При программной реализации указанный массив данных по организациям-эксплуатантам изделий и агентам эксплуатации наукоемкого приборостроения позволяет работать и программно обращаться к его данным. При-

мер формирования массива данных по организациям-эксплуатантам и агентам эксплуатации продукции наукоемкого приборостроения в соответствующей программной среде, разработанной в качестве апробационной версии автоматизации предлагаемой модели, приведен на Рисунке 2.1.5.

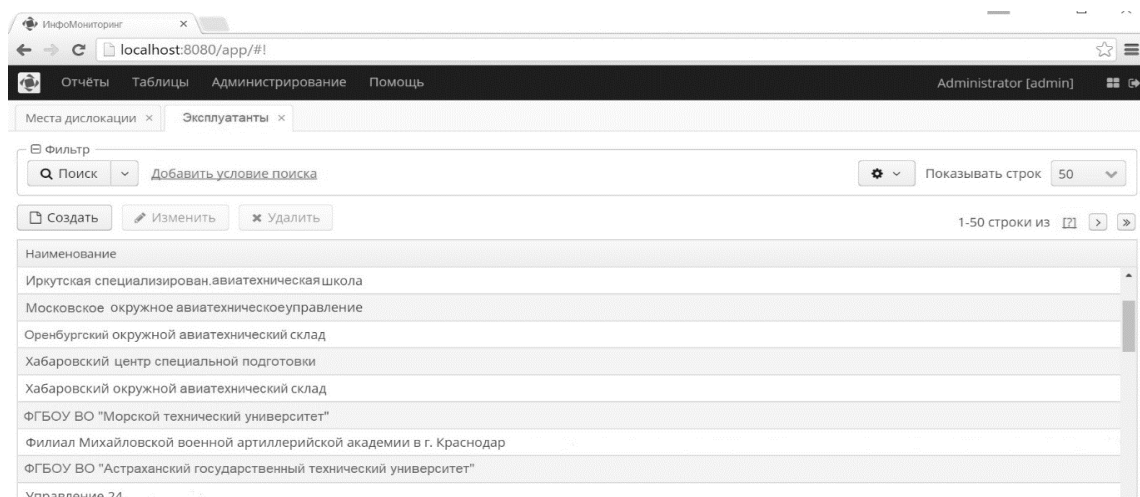


Рисунок 2.1.5. – Пример программной обработки массива данных по организациям-эксплуатантам и агентам эксплуатации продукции

При этом внесение данных в поле «Географический пункт объекта размещения изделия» в массиве данных по организациям-эксплуатантам и агентам эксплуатации продукции наукоемкого приборостроения осуществляется только через выбор альтернативы из списка-меню, задаваемому согласно массиву данных по географическим точкам размещения продукции наукоемкого приборостроения и агентов эксплуатации.

3. Полноценное формирование массивов данных согласно информационным структурам, показанных в Таблицах 2.1.1. и 2.1.2. дает возможность осуществить синтез информационной структуры для построения массива данных мониторинга состояния каждого конкретного вида продукции наукоемкого приборостроения на основных и поздних этапах его жизненного цикла. Информационная структура такого массива приведена в Таблице 2.1.3. При этом дата изготовления конкретного экземпляра изделия наукоемкого приборостроения вносится по строго установленной дате подписания акта изготовления. Данные в поле «Организация – эксплуатант (Агент эксплуатации)» вносятся только через выбор альтернативы из списка-меню, задаваемому

тому согласно массиву данных организаций-эксплуатантов, агентов эксплуатации изделий наукоемкого приборостроения. В раздел «Границы периода эксплуатации (этапа жизненного цикла)» данные по датам заносятся с точностью до конкретной даты (дня). Необходимо обеспечить, чтобы массив данных мониторинга состояния каждого конкретного изделия наукоемкого приборостроения на основных и поздних этапах его жизненного цикла был непрерывен по времени, т. е. дата окончания одного периода эксплуатации есть дата начала следующего периода эксплуатации (Как правило, это дата подписания соответствующего акта приема-передачи конкретного образца изделия). На базе массивов по географическим точкам размещения изделий наукоемкого приборостроения и агентов эксплуатации и наименований организаций-эксплуатантов, агентов эксплуатации указанных изделий становится возможным программно сформировать исходной структуры информационно-распорядительных связей для конкретного вида изделий, группы изделий одного поставщика и пр. Пример такой структуры показан на Рисунке 2.1.1. для конкретного вида изделий, а на Рисунке 2.1.2. для группы изделий.

Таблица 2.1.3. – Основные поля массива данных мониторинга состояния конкретного вида продукции на этапах его жизненного цикла

Наименование изделия – изделие 6Ж14П (Элемент-ПЭ) инв.31121		Дата изготовления -01.12.04	
Дополнительная техническая информация -			
№ п/п	Организация – эксплуатант (Агент эксплуатации)	Границы периода эксплуатации (этапа жизненного цикла)	
		НАЧАЛО	ОКОНЧАНИЕ
1.	АО «ВТП-Пуск»	15.01.2005г.	15.03.2005г.
2.	ФГБУ ССО «Иркутская специализированная авиатехническая школа»	15.03.2005г.	10.02.2015г.
	...		

Таким образом, описанная выше совокупность массивов данных с указанными структурами обеспечивает информационную основу для осуществления реализации математического аппарата предлагаемой модели синтеза структуры информационно-мониторинговой сети, описанного в пп.2.1.1.

4. Практическая проектная реализация синтеза структуры информационно-мониторинговой сети для продукции наукоемкого приборостроения предполагается в рамках соответствующего программного средства, автома-

тизирующего работу с предлагаемой моделью. Результатом отработки реализации одного проекта будет соответствующая цифровая геокартооснова, на которой отображается каноническая структура информационно-мониторинговой сети, рассчитанная и обоснованная согласно математическому аппарату, описанному в пп.2.1.2. Узлами указанной сети будут являться географические точки размещения единиц продукции наукоемкого приборостроения и агентов эксплуатации, а связями — направления передачи данных по эксплуатации продукции наукоемкого приборостроения.

Дальнейшее развитие научно-методического аппарата синтеза структуры информационно-мониторинговой сети для продукции наукоемкого приборостроения с комплексированием с новейшими информационными технологиями интеллектуальной обработки больших данных, методами имитационного моделирования, геоинформационными технологиями открывает перспективы получения качественно новых горизонтов в развитии средств проектирования информационно-мониторинговых сетей. В частности, следует представить несколько прорывных направлений дальнейшего совершенствования указанного аппарата синтеза:

- выявление системных свойств-признаков, способных характеризовать динамику изменений информационного обмена данными по эксплуатации продукции наукоемкого приборостроения между эксплуатантами и различными агентами эксплуатации. Такие свойства-признаки должны надежно выявляться, иметь меру и быть достоверными в измерении;

- учет в рамках предлагаемого математического аппарата возможностей работы со сверхбольшими интервалами учитываемых периодов времени и максимально большого географического охвата;

- проведения анализ возможностей работы с географической картоосновой различных форматов (SXF, S-57, S-100 и пр.) и различными цифровыми наборами картографических данных;

- предложение программно-технологических решений по интеграции модели синтеза структуры информационно-мониторинговой сети для про-

дукции наукоемкого приборостроения в геоинформационные приложения сред проектирования и обоснования потребительских сетей, сетей сбыта высокотехнологичной продукции и пр.;

— формирование вспомогательной сервис-информационной инфраструктуры поддержки синтеза информационно-мониторинговых сетей для капиталоемких видов продукции.

В ходе диссертационного исследования и апробации возможностей автоматизации синтеза структуры информационно-мониторинговой сети для продукции наукоемкого приборостроения, был проанализирован момент наличия таких интервалов входных данных, которые могут привести к трансвычислимости алгоритма указанного синтеза. Это привело к постановке и разрешению соответствующей оптимизационной задачи для процесса указанного синтеза по ряду рассмотренных ключевых показателей. В качестве ключевых показателей были выбраны:

- вычислимость итоговых значений по алгоритму синтеза на практике, то есть показатель логико-противоположный трансвычислимости, или, упрощая, - практическая вычислимость;

- экономичность по ресурсам вычислительного процесса, выполняемого по алгоритму синтеза, то есть результативность вычислительного процесса, исполняемого по соответствующему алгоритму, в условиях ограничений оперативной и долговременной памяти, быстродействия, загрузки серверов и пр.;

- достигаемая точность количественных оценок при обосновании синтеза, то есть тот уровень значимости количественных оценок, который соответствует качественным требованиям достоверности профессиональной области синтеза сети.

В рамках диссертационного исследования, при постановке и разрешении соответствующей оптимизационной задачи для процесса синтеза структур информационно-мониторинговых сетей по трем вышеуказанным ключевым показателям был введен соответствующий сводный показатель – резуль-

тативность обоснования синтеза. Этот сводный показатель взят базовым критерием при многокритериальной оптимизации.

Из материалов пп.1.2.1. данной работы видно, что методологически синтез структуры информационно-мониторинговой сети для продукции наукоемкого приборостроения это процесс сбора, обобщения и интерпретации с помощью аппарата статистического вывода данных об объемах транзакций передачи данных по эксплуатации указанной продукции между эксплуатантами и различными агентами эксплуатации. У такого процесса могут быть разные программные алгоритмы реализации. Пусть 1 из множества таких алгоритмов - S^V есть оптимальный, иными словами, наилучший в рамках многокритериальной оптимизации:

$$S^V \in \{S_{ji}\}_{j \in J^*} \quad (2.1.28)$$

где:

J^* - мощность множества данных об объемах транзакций передачи данных по эксплуатации продукции наукоемкого приборостроения между эксплуатантами и различными агентами эксплуатации;

J^* - суммарное количество итераций процесса сбора, обобщения и интерпретации с помощью аппарата статистического вывода данных по эксплуатации продукции наукоемкого приборостроения.

Тогда правомочна такая оптимизационная задача: цель оптимизации – максимизация результативности обоснования синтеза структуры информационно-мониторинговой сети для продукции наукоемкого приборостроения за счет эффективной вычислимости итоговых значений по соответствующему алгоритму при фиксации уровня требований к экономичности по ресурсам соответствующего вычислительного процесса и к достигаемой точности количественных оценок при обосновании такого синтеза. Разрешение указанной оптимизационной задачи сводится к нижеприведенным тезисам.

Из ряда альтернативных версий алгоритмов расчетного исполнения $\{S_j\}$ процесса синтеза структуры сети следует принять некоторый алгоритм -

S^V , который оптимален по некоторому базовому критерию результативности обоснования синтеза R . Тогда оптимизационная задача формально представляема как:

$$R_{S_{J_i}} = f(\bar{b}_{S_{J_i}}, \bar{d}_{S_{J_i}}, \bar{r}_{S_{J_i}}), \quad (2.1.29)$$

где:

b_s - вычислимость итоговых значений по алгоритму синтеза на практике по алгоритму S_j ;

d_s - оценка достигаемой точности количественных оценок при обосновании синтеза;

r_s - оценка экономичности по ресурсам вычислительного процесса, выполняемого по алгоритму S_j синтеза.

При этом вышеописанная цель оптимизации формально представляема как:

$$R^* = \max(R_{S_{\text{ош}}}(\bar{b}_{S_{J_i}}, \bar{d}_{S_{J_i}}, \bar{r}_{S_{J_i}})). \quad (2.1.30)$$

Выражение (2.1.30) вербально означает, что R^* есть максимум от $R_{S(d,b,r)}$, на множестве альтернативных версий алгоритмов расчетного исполнения $\{S_j\}$ процесса синтеза структуры информационно-мониторинговой сети продукции наукоемкого приборостроения. При этом возможно выделение 3 основополагающих сценария (случая) оптимизации, развивающих формализованную запись (2.1.30):

а.) при ограничениях на ресурсы вычислительного процесса, выполняемого по алгоритму синтеза (недостаточная вычислительная мощность серверов, недостаток суммарного быстродействия вычислительной или коммуникационной систем и пр.):

$$\left(\overline{b_{S_{J_i}}}, \overline{d_{S_{J_i}}} \right)_{S \in \{S_j\}} \Rightarrow \max, \quad (2.1.31)$$

$$\overline{r_{S_j}} \in r^{\Sigma}, \quad (2.1.32)$$

где r^{Σ} – суммарно обеспечиваемые ресурсные возможности для вычислительного процесса, выполняемого по алгоритму синтеза рассматриваемой информационно-мониторинговой сети;

б) при ограничениях на достигаемую точность количественных оценок при обосновании синтеза структуры рассматриваемой информационно-мониторинговой сети:

$$\left(\overline{b_{S_{j_i}}}, \overline{r_{S_{j_i}}}\right)_{S \in \{S_j\}} \Rightarrow \max, \quad (2.1.33)$$

$$\overline{d_{S_{ij}}} \in D, \quad (2.1.34)$$

где D – минимально допустимое значение точности количественных оценок при обосновании указанного синтеза.

в) при ограничениях и на ресурсы вычислительного процесса, выполняемого по алгоритму синтеза, и на достигаемую точность количественных оценок при обосновании синтеза структуры рассматриваемой информационно-мониторинговой сети

$$\left(\overline{b_{S_{j_i}}}\right)_{S \in \{S_j\}} \Rightarrow \max, \quad (2.1.35)$$

$$\overline{r_{S_{ij}}} \in r^{\Sigma}, \quad (2.1.36)$$

$$\overline{d_{S_{ij}}} \in D. \quad (2.1.37)$$

Сценарий в) с максимальным уровнем правдоподобия описывает сущность разрешения рассматриваемой оптимизационной задачи на практике: база экономичности по ресурсам вычислительного процесса, выполняемого по алгоритму синтеза и достижение точности количественных оценок при обосновании указанного синтеза сети объективно ограничены для подобных алгоритмов работы с плотными матричными массивами, но несмотря на это надо добиваться предельно высокой результативности обоснования синтеза структуры информационно-мониторинговой сети для продукции наукоемкого приборостроения.

Так как число версий алгоритма S_j вычислительной реализации синтеза структуры информационно-мониторинговой сети для продукции наукоемкого приборостроения, из $\{S_j\}$, небольшое, то при разрешении рассматриваемой

оптимизационной задачи числовой параметр $R_{S(d,b,r)}$ рассчитывается для каждой из версий алгоритма. На множестве получаемых вышеуказанным способом числовых значений устанавливается (выявляется) версия алгоритма синтеза структуры информационно-мониторинговой сети для продукции наукоемкого приборостроения для которой $R_{S(d,b,r)}$ в численном выражении является наибольшим значением результативности обоснования указанного синтеза R^* . Именно такая версия алгоритма синтеза будет оптимальной, т.е. явится конкретным решением описанной оптимизационной задачи.

Таким образом, разрешение задачи оптимизации (2.1.30) есть выявление наилучшей, с т. з. результативности обоснования версии программного воплощения алгоритма синтеза структуры информационно-мониторинговой сети для продукции наукоемкого приборостроения. При этом, при разнице во входных условиях рассчитываются различные показатели повременной загрузки при реализации. Это позволяет оценить различные интегральные показатели эффективности синтеза структуры информационно-мониторинговой сети для продукции наукоемкого приборостроения в конкретных условиях реализации. Представленный в рамках данной модели вариант разрешения задачи оптимизации синтеза структуры информационно-мониторинговой сети продукции наукоемкого приборостроения путем задания сводного инварианта дает возможность признать интерпретированный по такому инварианту алгоритм оптимальным в рамках логико-семантического пространства принятых показателей: вычислимость итоговых значений по алгоритму синтеза на практике, экономичность по ресурсам вычислительного процесса, достигаемая точность количественных оценок при обосновании синтеза, которые, в свою очередь, сворачиваются в сводный показатель - результативность обоснования синтеза структуры искомой информационно-мониторинговой сети.

Осуществление синтеза структуры информационно-мониторинговой сети для продукции наукоемкого приборостроения, согласно предложенной модели, далее в ходе диссертационного исследования объективно привело к

необходимости разработки теоретико-методического инструментария анализа эффективности процесса указанного синтеза. Именно это логически предопределило разработку второй базовой модели из состава таковых для информационно-мониторинговых сетей контроля реализации этапов жизненного цикла продукции наукоемкого приборостроения, а именно модели оценки результативности функционирования информационно-мониторинговой сети указанной продукции.

2.2. Разработка модели оценки результативности информационно-мониторинговой сети продукции наукоемкого приборостроения

2.2.1. Теоретические основы и предметная интерпретация результативности информационно-мониторинговых сетей

Под результативностью информационно-мониторинговой сети продукции наукоемкого приборостроения, в соответствии с [107], следует понимать степень реализации запланированного уровня обеспеченности руководителей соответствующих приборостроительных предприятий актуальными данными о текущем и ретроспективно-обобщенном ходе эксплуатации и поддержания технической готовности поставляемых конкретных типов (видов) продукции из указанных, а также достижения запланированных результатов повышение уровня производственной деятельности таких предприятий посредством средств мониторинга реализации этапов жизненного цикла выпускаемых приборов. Очевидно, что результативность информационно-мониторинговой сети продукции наукоемкого производства на практике может быть оценена посредством анализа такого интегрального показателя как «обеспечиваемая информационно-мониторинговой сетью степень влияния на уровень соответствия производственной деятельности предприятия наукоемкого приборостроения актуальным запросам потребителей-эксплуатантов поставляемой аппаратуры». Соответственно, в рамках терминологии информационно-мониторинговых сетей продукции наукоемкого приборостроения интерпретируются все основные составляющие результативности, определяемые согласно [107], а именно: экономичность, прибыльность, производительность, действенность, условия трудовой деятельности, нововведения. Существо такой интерпретации показано в Таблице 2.2.1. Главной задачей анализа результативности информационно-мониторинговой сети продукции

наукоемкого приборостроения является проверка степени достижения всех плановых показателей по продвижению и поддержанию потребительских качеств созданной продукции на всех этапах их жизненного цикла, а также информационного обеспечения обратной связи потребностей эксплуатантов с уровнем производственной деятельности рассматриваемых предприятий путем мониторинга этапов жизненного цикла выпускаемых приборов.

Таблица 2.2.1. – Предметная интерпретация составляющих результативности как оцениваемых показателей информационно-мониторинговых сетей

№	Составляющие показателя «Результативность» по ГОСТ Р ИСО 9000-2015.	Интерпретация в качестве показателей ИМС, по ГОСТ Р ИСО 25010 -2015; ГОСТ Р 27000 -2015.	Способ влияния на уровень соответствия производственной деятельности предприятия наукоемкого приборостроения актуальным запросам потребителей-эксплуатантов.	Метод оценки или измерения
1.	Экономичность	Экономичность в производстве и эксплуатации	Снижение фактических затрат на издержки производства и эксплуатации изделий наукоемкого приборостроения	Считается прямым учетом фактических затрат
2.	Прибыльность	Эффективность процессов эксплуатации	Наличие конструктивного эффекта (в т.ч. экономического) от практического применения информационно-мониторинговой сети	Оценивается косвенно
3.	Производительность	Количество транзакций обеспечения технического обслуживания единицу времени.	Осредненное число реализуемых транзакций обеспечения технического обслуживания за назначенный период времени.	Оценивается среднее число в единицу времени.
4.	Действенность	Сводное количество сопровождаемых сервис-услуг поддержания технической готовности	Увеличение номенклатуры сервис-услуг поддержания технической готовности и Способов их сопровождения.	Оценивается путем обобщения опыта применения сервис-услуг
5.	Условия трудовой деятельности	Интеллектуальность пользовательских интерфейсов сети	Сложносоставной показатель, определяемый для конкретной реализации информационно-мониторинговой сети	Оценивается качественно экспертным методом
6.	Нововведения	Инновационная адаптивность (адаптивность к внедрению инноваций)	Сложносоставной показатель, определяемый для конкретной реализации информационно-мониторинговой сети	Оценивается качественно экспертным методом

Оценка результативности информационно-мониторинговой сети продукции наукоемкого приборостроения через параметр - степень влияния на уровень соответствия производственной деятельности предприятия наукоемкого приборостроения актуальным запросам потребителей-эксплуатантов поставляемой аппаратуры, возможна только в рамках определенной организации процесса указанного оценивания. Обобщенное представление постановки задачи и организации процесса оценивания результативности через ранее введенный параметр показано на Рисунке 2.2.1. При этом предполагается, что непосредственно задача оценки результативности может ставиться в одном из двух вариантов:

А. Оценить в динамике изменения результативность текущего варианта реализации информационно-мониторинговой сети конкретной продукции (вида, класса и пр.) наукоемкого приборостроения и определить наиболее эффективный путь её совершенствования при минимальном объеме производимых затрат;

Б. Оценить результативность ряда вариантов реализации информационно-мониторинговой сети для продукции (вида, класса и пр.) наукоемкого приборостроения и определить такой вариант состава и структуры сети, который позволит добиться максимизации влияния информационного мониторинга ЖЦ указанной продукции на повышение уровня производственной деятельности конкретного предприятия наукоемкого приборостроения.

Основные учитываемые факторы при постановке задачи и организации процесса оценивания результативности информационно-мониторинговой сети, через степень влияния на уровень соответствия производственной деятельности предприятия наукоемкого приборостроения актуальным запросам потребителей-эксплуатантов поставляемой аппаратуры, также показаны на обобщенной схеме Рисунка 2.2.1.

Непосредственным результатом оценивания результативности выступает в варианте А.) - Коэффициент влияния на указанный уровень, а в варианте Б.) – определение последовательной приоритетности для ряда альтернативных вариантов реализации информационно-мониторинговой сети конкретной продукции на искомый уровень.

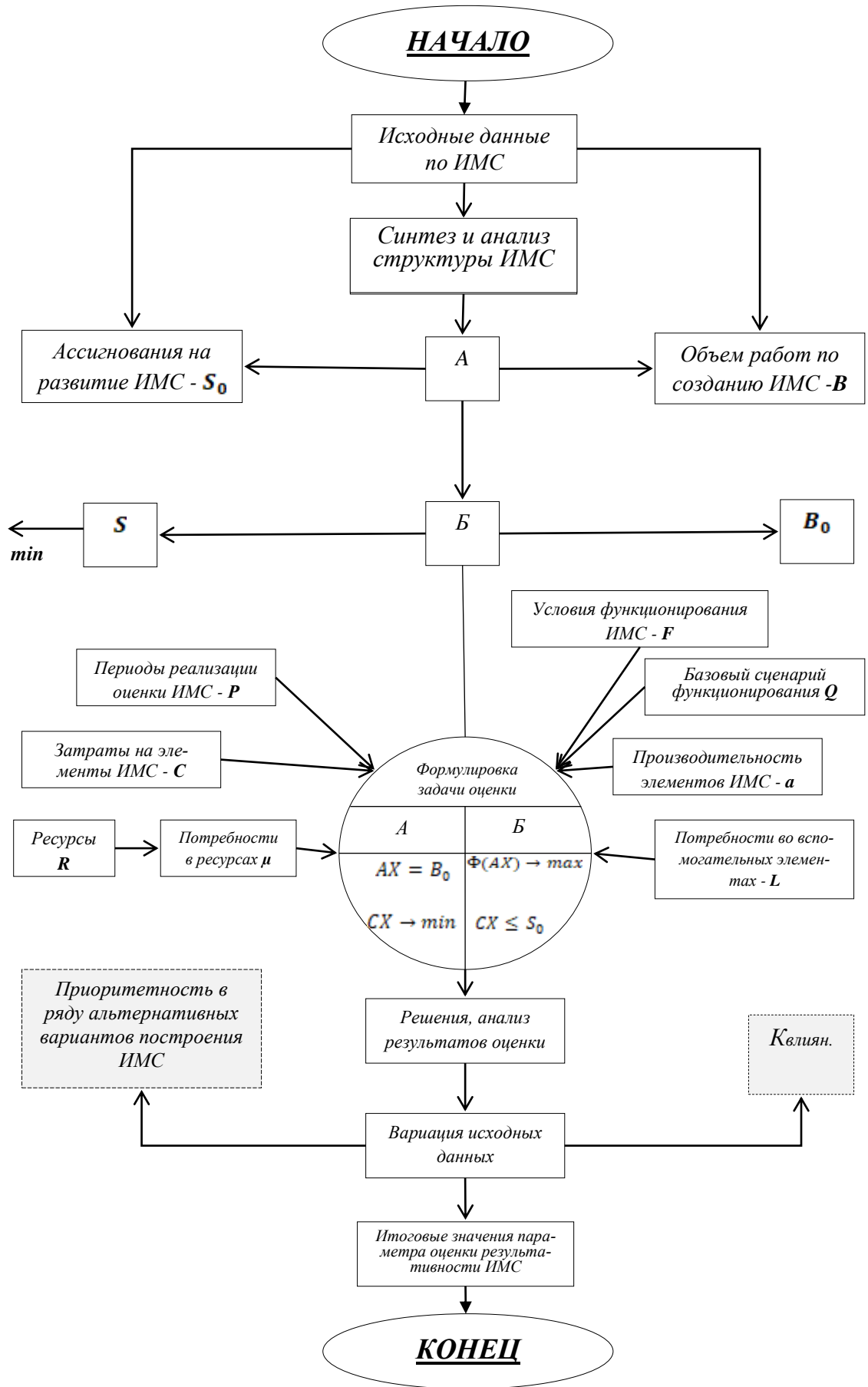


Рисунок 2.2.1. – Схема процесса оценивания результативности ИМС

Такой параметр в оценке результативности информационно-мониторинговой сети как степень влияния на уровень соответствия производственной деятельности предприятия наукоемкого приборостроения актуальным запросам потребителей-эксплуатантов поставляемой аппаратуры для упрощения формулировки далее по тексту поименован как «коэффициент влияния», обозначаемый $K_{вл}$. Значение указанного коэффициента влияния $K_{вл}$ выступает мерой в оценке результативности информационно-мониторинговой сети. В частности, $K_{вл}$ определен на единичном непрерывном интервале:

$$K_{вл} \in (0, 1). \quad (2.2.1)$$

Соответственно, на указанном единичном интервале определены следующие полюсно-контрастные значения:

- 1 – высшая оценка степени влияния на (полная значимость в агрегировании) вышестоящий в иерархии показатель результативности;
- 0 – отсутствие влияния на (отсутствие значимости в агрегировании) вышестоящий в иерархии показатель результативности.

Задание меры в оценке результативности информационно-мониторинговой сети изделий наукоемкого приборостроения в виде (2.2.1) объективно ведет к тому, что получаемые значения $K_{вл}$ не являются абсолютными значениями. Они не могут выступать конечными предписаниями (заключением) о достигнутом уровне результативности. Указанные значения оценок будут носить относительный (сравнительный) характер. Они позволят делать заключения о результативности той или иной информационно-мониторинговой сети именно в разрезе ранее сформулированных вариантов А. и Б. Прежде всего значения параметра $K_{вл}$ позволят устанавливать приоритетность, по степени влияния на уровень соответствия производственной деятельности предприятия, среди альтернативных вариантов организации и структурирования информационно-мониторинговой сети конкретной продукции или группы видов продукции наукоемкого приборостроения. Также

они позволят искать наиболее рациональную комбинацию системного совершенствования состава и структуры указанной сети.

2.2.2. Синтез иерархии показателей оценки результативности информационно-мониторинговой сети продукции наукоемкого приборостроения

Приоритетность одного из конкурирующих (или альтернативных) проектов организации и структурирования информационно-мониторинговой сети продукции наукоемкого приборостроения по результативности определяется в результате итеративно-многоступенчатого и многофакторного процесса обоснованного выбора, т.к. любому из указанных проектов свойственны как соответствующие достоинства, так и сопоставимые недостатки. В частности, для интегральных (т.е. учитывающих всю номенклатуру производимых предприятием изделий и сервисных услуг технической поддержки) информационно-мониторинговых сетей продукции наукоемкого приборостроения, как правило, свойственны: большая устойчивость к колебаниям рынка услуг тех.поддержки, большее количество создаваемых рабочих мест, более высокий научно-технологический, технический уровни продвигаемых удаленно мероприятий постгарантийного обслуживания производимой продукции. Для специализированных информационно-мониторинговых сетей продукции наукоемкого приборостроения (т.е. ориентированных на мониторинг продукции одного вида, типа, класса и соответствующий круг услуг технической поддержки), как правило, свойственны: минимизируемый уровень трат на поддержку такой сети, а следствием — более низкая цена на услуги постгарантийного обслуживания наукоемкой техники, что обеспечивает лучшую конкурентоспособность. Следовательно, обоснованно определить приоритетность одного из альтернативных проектов организации и структурирования информационно-мониторинговой сети продукции наукоемкого приборостроения по результативности без применения соответствующего аналитического инструментария не представляется возможным. Логической основой

такого инструментария является иерархия показателей оценки результативности информационно-мониторинговой сети продукции наукоемкого приборостроения. Данная иерархия показателей результативности, по существу, также является системой учета факторов влияния на уровень соответствия производственной деятельности предприятия наукоемкого приборостроения актуальным запросам эксплуатантов поставляемой аппаратуры.

Указанная иерархическая система показателей результативности формируется путем многоуровневого учета всех факторов влияния на уровень соответствия производственной деятельности предприятия наукоемкого приборостроения. Основные системологические уровни указанной иерархической системы, разработанные и обоснованные в ходе диссертационного исследования, показаны в Таблице 2.2.2.

Таблица 2.2.2. – Основные системологические уровни в иерархии показателей результативности информационно-мониторинговой сети

Уровни иерархии оценки результативности ИМС	<i>1 уровень</i>	Уровень производственной деятельности предприятия наукоемкого приборостроения в сопоставлении к актуальным запросам потребителей-эксплуатантов поставляемой аппаратуры
	<i>2 уровень</i>	Основные аспекты (составляющие) результативности информационно-мониторинговой сети
	<i>3 уровень</i>	Частные цели функционирования информационно-мониторинговой сети
	<i>4 уровень</i>	Макропоказатели возможностей информационно-мониторинговой сети
	<i>5 уровень</i>	Альтернативные варианты реализации функционала, состава и структуры организации информационно-мониторинговой сети

Методологически акт синтеза иерархии показателей оценки результативности информационно-мониторинговой сети продукции наукоемкого приборостроения (т.е. системы анализа текущих факторов влияния ИМС на уровень соответствия производственной деятельности предприятия наукоемкого приборостроения актуальным запросам потребителей-эксплуатантов поставляемой аппаратуры) включает в себя три шага:

1. Конкретизация и систематизация по уровням из Таблицы 2.2.2. факторов влияния ИМС на уровень соответствия производственной деятельности

предприятия наукоемкого приборостроения как промежуточных показателей оценки результативности сети;

2. Непосредственную оценку степени влияния каждого из факторов на более общие факторы (вышестоящие в иерархии) с использованием заданной меры;

3. Расчет интегральной оценки результативности ИМС, как фактора влияния на уровень производственной деятельности предприятия наукоемкого приборостроения, для каждого из альтернативных вариантов реализации (определения состава, структуры, функционала и пр.) соответствующей информационно-мониторинговой сети.

Математически указанный акт синтеза иерархии показателей оценки результативности информационно-мониторинговой сети продукции наукоемкого приборостроения может быть представлен как соответствующая мультипликативная, интегральная, последовательная по уровням свертка оценок степени влияния каждого из факторов на уровень производственной деятельности предприятия наукоемкого приборостроения. При этом степень влияния каждого из факторов первоначально оценивается для простейшей агрегирующей свертки в состав ближайшего вышестоящего (более общего) фактора, как итог обработки попарных сравнений каждого из агрегируемых (т.е. более простых) факторов. Для такой реализации указанной интегральной свертки в рамках предлагаемой модели использован соответствующий математический аппарат агрегирования системных показателей из [19].

Конкретизация и систематизация по уровням из Таблицы 2.2.2. факторов влияния информационно-мониторинговой сети на уровень соответствия производственной деятельности предприятия наукоемкого приборостроения, как промежуточных показателей оценки результативности сети, путем учета их вложенности и соответствующей многоуровневой общности, позволяет получить систему показателей учета факторов влияния на уровень соответствия производственной деятельности предприятия наукоемкого приборостроения актуальным запросам потребителей-эксплуатантов поставляемой аппаратуры. В силу композиционной сложности и многоуровневости представления такой системы показателей она будет представлять собой иерар-

хию показателей оценки результативности информационно-мониторинговой сети продукции наукоемкого приборостроения. Базовый вариант такой иерархии показателей оценки результативности информационно-мониторинговой сети продукции наукоемкого приборостроения показан на Рисунке 2.2.2.

Очевидно, что в каждом конкретном случае оценивания соответствующих альтернативных вариантов формирования и структурирования информационно-мониторинговой сети определенного вида продукции (группы видов) наукоемкого приборостроения проектант имеет возможность внести в базовый вариант такой иерархии дополнительные (исключить малозначимые) факторы, влияющие на результативность ИМС в разрезе обеспечиваемого уровня производственной деятельности.

На втором уровне иерархии показателей оценки результативности информационно-мониторинговой сети продукции наукоемкого приборостроения представлены основные составляющие результативности, которые выступают как сводные показатели учета влияния на уровень соответствия производственной деятельности предприятия наукоемкого приборостроения актуальным запросам потребителей-эксплуатантов, которые на третьем уровне иерархии детализируются соответствующими частными целями функционирования конкретной информационно-мониторинговой сети. Соответственно на четвертом уровне рассматриваемой иерархии размещаются макропоказатели возможностей информационно-мониторинговой сети, к которым и агрегируются связями «каждый со всеми» альтернативные варианты реализации функционала, состава и структуры организации информационно-мониторинговой сети. Количество таких альтернативных вариантов в каждом конкретном случае может быть различным, но в силу ограничений математический аппарат агрегирования системных показателей из [19], принятого за основу в рамках данной модели оценки результативности, оно не может превышать число Ингве-Миллера:

$$\theta = (5 \pm 2) ; \quad (2.2.2)$$



Рисунок 2.2.2. – Базовая система показателей учета влияния ИМС на уровень соответствия производственной деятельности предприятия наукоемкого приборостроения актуальным запросам потребителей-эксплуатантов

Наличие нескольких и альтернативность вариантов реализации функционала, состава и структуры организации информационно-мониторинговой сети вытекает именно из поиска оптимального соотношения затрат на создание и поддержание ИМС определенного вида продукции наукоемкого приборостроения и её результативности для предприятия-изготовителя. Указанная оптимальность непосредственно связана с объемом, структурно-территориальным охватом реализуемых связей в ИМС и интенсивностью информационного обмена по этим связям. Так, в рамках данного диссертационного исследования, с использованием научно-методического аппарата из [151], на основании анализа различных матриц смежности и инцидентности, описывающих структуры информационно-мониторинговых сетей ряда изделий наукоемкого приборостроения, получены следующие соотношения зависимости машинного времени обсчета (вычислительной манипуляции) $t_{мв}$ указанных матриц от их размерности и плотности заполнения, т.е. фактически от структурно-территориального охвата и количества связей в ИМС. Указанные соотношения показаны на Рисунке 2.2.3. Они наглядно показывают характер роста вычислительной (т.е. манипуляционной с данными) сложности работы с ИМС при её разрастании, что требует постоянной, соответствующей оценке текущей результативности сети и своевременной её переконфигурации (реорганизации, перестройки, качественного совершенствования, изменения и пр.) в случае снижения её результативности (недостаточной эффективности).

Каждая из приведенных связей в представленной на Рисунке 2.2.2. системе показателей учета влияния ИМС на уровень соответствия производственной деятельности предприятия наукоемкого приборостроения актуальным запросам потребителей-эксплуатантов логически отображает факт влияния нижестоящего альтернативного варианта ИМС или фактора на вышестоящий, а мерой такого влияния выступает коэффициент влияния $K_{вл}$, описанный в (2.2.1). Коэффициент влияния $K_{вл}$ рассчитывается на основании данных группой или единоличной (в случае узкой специфики предметной области и

отсутствия должного числа потенциальных экспертов) экспертизы, т.е. путем экспертного опроса. Аппарат такой экспертизы детально описан в [26,27].

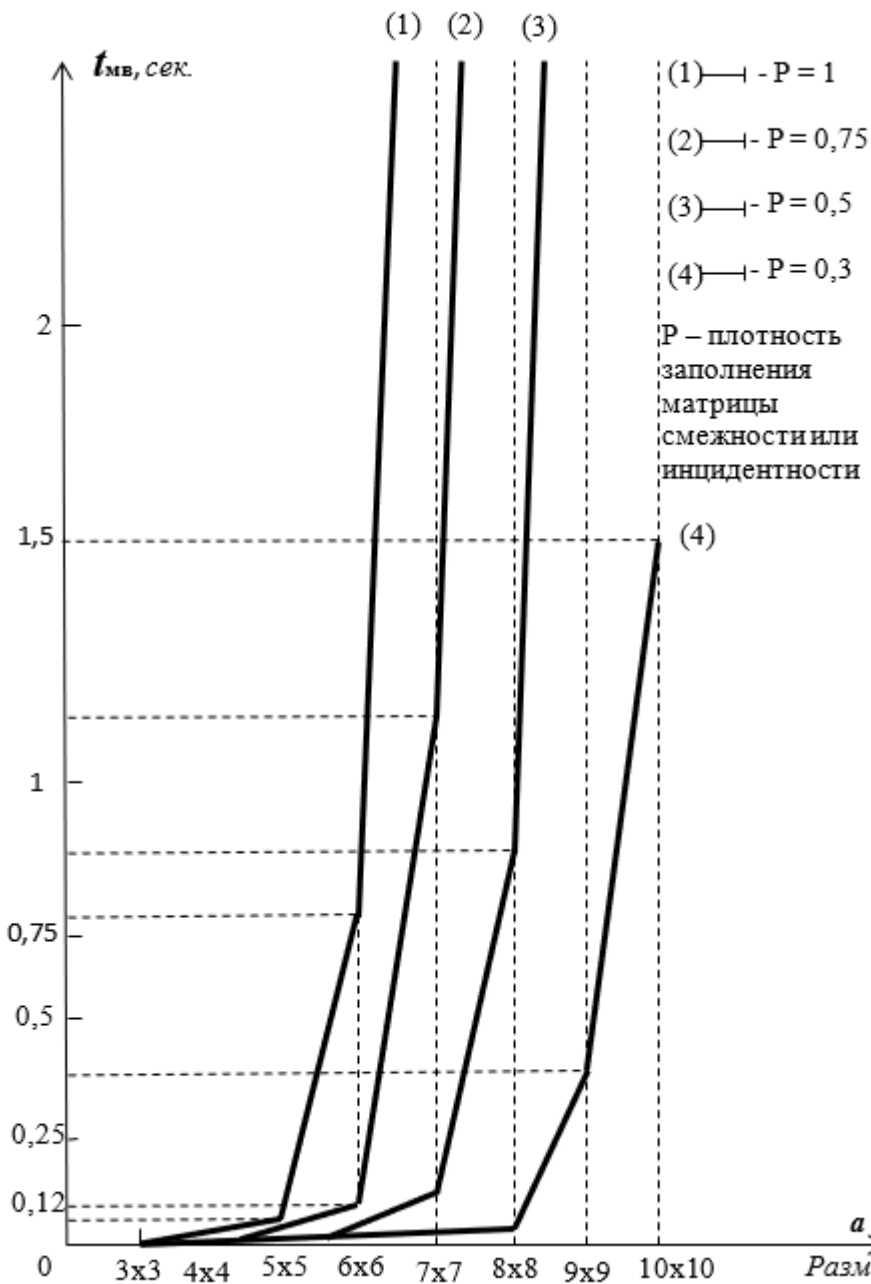


Рисунок 2.2.3.- Характер зависимости машинного времени расчета матриц смежности и/или инцидентности ИМС от размерности и плотности их заполнения

Расчет численных значений указанного коэффициента влияния $K_{вл}$, как степени влияния на уровень соответствия производственной деятельности предприятия наукоемкого приборостроения актуальным запросам потребителей-эксплуатантов поставляемой аппаратуры по всей иерархии показателей

результативности, реализуется посредством последовательного поуровневого расчета обобщенного и частных, т.е. для каждого композиционного агрегирования, числовых векторов приоритетности. Для этого применительно к каждому показателю результативности в системе показателей учета влияния ИМС на уровень соответствия производственной деятельности предприятия наукоемкого приборостроения актуальным запросам потребителей-эксплуатантов, декомпозируемому на нижестоящем уровне другими показателями, формируется соответствующая матрица попарных сравнений. (Матрица формируется путем попарных сравнений каждого агрегируемого показателя с каждым, по следующей шкале экспертной оценки влияния в агрегируемой частной композиции показателей, представленной в Таблице 2.2.3.) Для каждой из указанных матриц рассчитывается собственный численный вектор, значения которого далее нормализуются. Получаемые таким образом значения представляют собой соответствующие значения коэффициента влияния $K_{вл}$ в текущей композиции агрегирования.

Детализация математической сущности описанного научно-методического аппарата составляет конструктив предлагаемой модели оценки результативности. Она приведена и описана ниже.

Таблица 2.2.3. – Градации в попарном сравнении показателей результативности в агрегируемой частной композиции более сложного показателя

№ п/п	Численные значения	Интерпретация градации при попарном сравнении показателей
1.	1,2	равная и/или квазиравная приоритетность показателей при сравнении
2.	3,4	умеренная приоритетность одного из пары показателей
3.	5,6	существенная приоритетность одного из пары показателей
4.	7,8	значительная приоритетность одного из пары показателей
5.	9,10	высокая, несопоставимо высокая приоритетность одного из пары показателей

В частности, основываясь на шкалировании согласно Таблице 2.2.3., для каждой агрегируемой частной композиции показателей результативности на всех уровнях системы учета влияния ИМС на уровень соответствия производственной деятельности предприятия наукоемкого приборостроения акту-

альным запросам потребителей-эксплуатантов строятся указанные матрицы попарных сравнений:

$$\|a_{ij}\|, \quad (2.2.3)$$

Матрицы вида (2.2.3) всегда будут квадратными, обратносимметричными, всегда имеют главную диагональ единичной, т.е.

$$a_{ij} = \frac{1}{a_{ji}}; \quad i, j = 1, \dots, n \quad (2.2.4)$$

где: n - число декомпозирующих на нижестоящем уровне показателей для показателя результативности на текущем уровне системы.

Для каждой матрицы попарных сравнений рассчитываются через геометрическое-среднее компоненты собственного вектора матрицы, как приемлемое приближение, согласно [19]:

$$a_1 = (\prod_{j=1}^n a_{1j})^{1/n}; \quad a_n = (\prod_{j=1}^n a_{nj})^{1/n}, \quad (2.2.5)$$

которые далее, в результате простой нормировки, формируют численный вектор значений коэффициента влияния $K_{вл}$ в текущей композиции агрегирования на текущем уровне иерархии показателей оценки результативности информационно-мониторинговой сети продукции наукоемкого приборостроения:

$$K_1 = a_1 / \sum_i a_i, \quad \dots, \quad K_n = a_n / \sum_i a_i. \quad (2.2.6)$$

Далее, согласно соотношений (2.2.4) – (2.2.6), производится расчет численных векторов значений коэффициента влияния $K_{вл}$ для всех композиции агрегирования – элементов систем показателей учета влияния ИМС на уровень соответствия производственной деятельности предприятия наукоемкого приборостроения актуальным запросам потребителей-эксплуатантов, включая нижний уровень: альтернативные варианты реализации функционала, состава и структуры организации информационно-мониторинговой сети. В результате указанная система оказывается взвешенной значениями коэффициента влияния $K_{вл}$.

Наличие системы показателей результативности, в рамках которой все связи (дуги) взвешены значениями коэффициента влияния $K_{вл}$, позволяет произвести расчет интегрального значения $K'_{вл}$ влияния каждого конкретного варианта реализации функционала, состава и структуры организации информационно-мониторинговой сети на уровень соответствия производственной деятельности предприятия наукоемкого приборостроения актуальным запросам потребителей-эксплуатантов путем следующей мультипликативно-аддитивной свертки:

$$K'_{вл} = \sum K_i^I \sum K_j^{II} \sum K_r^{III} x_r^m, \quad (2.2.7)$$

где:

$\{I, II, III, \dots, m\}$ - индексы уровня в системе показателей результативности;
 x_r^m — значение коэффициента влияния (т.е. с m -го уровня иерархии на нижний уровень системы показателей результативности) текущего альтернативного варианта построения на r -й макропоказатель возможностей информационно-мониторинговой сети.

2.2.3. Реализация оценки результативности ИМС

Именно значения интегрального значения $K'_{вл}$ влияния каждого конкретного варианта реализации функционала, состава и структуры организации информационно-мониторинговой сети на уровень соответствия производственной деятельности предприятия наукоемкого приборостроения актуальным запросам потребителей-эксплуатантов являются мерой результативности каждого соответствующего альтернативного варианта. Опираясь на указанные значения, становится возможным:

- осуществить сравнительную оценку того или иного варианта структурирования и построения ИМС, осуществить выбор наиболее результативного;
- проанализировать прирост ожидаемой результативности ИМС в процессе её практического наращивания и качественного совершенствования;

- выявить отдельные аномальные системные недостатки в архитектуре создаваемой и наращиваемой ИМС.

Так, например, для варианта системы показателей учета влияния ИМС на уровень соответствия производственной деятельности предприятия наукоемкого приборостроения актуальным запросам потребителей-эксплуатантов, показанной на Рисунке 2.2.2., оценивается 3 альтернативных варианта построения информационно-мониторинговой сети.

На основании соотношений (2.2.4) – (2.2.6) для рассматриваемого примера матрица попарных сравнений для композиции агрегирования показателей второго уровня (см. Рисунок 2.2.2.) в показатель результативности 1 пусть примет вид, показанный в Таблице 2.2.4.

Таблица 2.2.4. – Пример матрицы попарных сравнений для композиции агрегирования показателей 2-го уровня в сводный показатель результативности

	Экономичность	Условия трудовой деятельности	Производительность	Нововведения	Действенность	Прибыльность
Экономичность	1	1/2	3	2	3	9
Условия трудовой деятельности	2	1	3	2	5	1/7
Производительность	1/3	1/3	1	1/3	2	5
Нововведения	1/2	1/2	3	1	3	4
Действенность	1/3	1/5	1/2	1/3	1	6
Прибыльность	1/9	7	1/5	1/4	1/6	1

Произведя расчет численного вектора собственных значений выше приведенной матрицы попарных сравнений, согласно (2.2.4) – (2.2.6), становится возможным получить значения коэффициента влияния $K_{вл}$ в текущей композиции агрегирования на текущем уровне иерархии показателей оценки. Результаты такого расчета приведены в Таблице 2.2.5.

Аналогичным образом производится расчет значений коэффициента влияния $K_{вл}$ для всех сводных показателей-композиций агрегирования для показателей нижестоящего уровня в иерархии оценки. Это позволяет сформиро-

вать общее поле всех значений коэффициента влияния $K_{вл}$ в рамках каждого уровня рассматриваемой системы показателей учета влияния ИМС на уровень соответствия производственной деятельности предприятия наукоемкого приборостроения актуальным запросам потребителей-эксплуатантов.

Таблица 2.2.5. – Пример результатов расчета $K_{вл}$ для композиции агрегирования показателей 2-го уровня в сводный показатель результативности

1. Экономичность	$K_1^I = 0,23;$
2. Условия трудовой деятельности	$K_2^I = 0,35;$
3. Производительность	$K_3^I = 0,10;$
4. Нововведения	$K_4^I = 0,20;$
5. Действительность	$K_5^I = 0,05.$
6. Прибыльность	$K_6^I = 0,07.$

Так, например, для макропоказателей возможностей информационно-мониторинговой сети, представленных на 4-м уровне иерархии поле значений коэффициента влияния $K_{вл}$ на показатели 3-го уровня иерархии примет вид, показанный в Таблице 2.2.6.

Таблица 2.2.6. – Пример поля значений коэффициента влияния $K_{вл}$ в рамках каждого уровня рассматриваемой системы показателей учета влияния ИМС

Макропоказатель ИМС (4-го уровня)	k_{r-1}^{III}	k_{r-2}^{III}	k_{r-3}^{III}	k_{r-4}^{III}	k_{r-5}^{III}	k_{r-6}^{III}	k_{r-7}^{III}	k_{r-8}^{III}	k_{r-9}^{III}	k_{r-10}^{III}	k_{r-11}^{III}	k_{r-12}^{III}
Рост научно-технического потенциала	0,41					0,23	0,5	0,48	0,31			
Усовершенствование технологической базы	0,33	0,67	0,25			0,14	0,5		0,44			
Наращивание производственных мощностей		0,33	0,75									
Обеспечение охраны труда				0,58	0,67	0,46		0,17				
Поддержание оптимального объема поставок изделий				0,11				0,35	0,15			
Поддержание социальной стабильности										0,5		0,16
Повышение уровня компетенций											0,75	0,54
Качественный и количественный рост ИМС	0,26			0,31	0,33	0,17			0,10	0,5	0,25	0,30

Наличие полей значений коэффициента влияния $K_{вл}$ для каждого уровня рассматриваемой системы показателей учета влияния ИМС на уровень соответствия производственной деятельности предприятия наукоемкого приборостроения актуальным запросам потребителей-эксплуатантов, позволяет осу-

существить расчет интегрального значения $K'_{вл}$ влияния каждого конкретного варианта реализации функционала, состава и структуры организации информационно-мониторинговой сети в соответствии с (2.2.7). Такой расчет представляет собой многоуровневую мультипликативно-аддитивную свертку. Примером такой свертки, для одного из альтернативных вариантов архитектуры ИМС в рассматриваемом примере, является:

$$\begin{aligned}
 K'_{вл} = & 0,26\{0,65(0,41x_1; + 0,33x_2 + 0,26x_8) + 0,23(0,67x_2 + 0,33x_3) + 0,12(0,25x_2 + 0,15x_3)\} \\
 & + 0,38 \{(0,67(0,58x_4 + 0,11x_5 + 0,31x_8) + 0,33(0,67x_4 + 0,33x_8)\} + 0,10\{0,75(0,23x_1; + \\
 & 0,14x_2 + 0,46x_4 + 0,17x_8) + 0,25(0,5x_1; + 0,5x_2) \} + 0,20\{0,67(0,48x_1 + 0,17x_4 + 0,35x_5) + \\
 & 0,33(0,31x_1 + 0,44x_2 + 0,15x_5 + 0,1x_8)\} + + 0,06\{0,16(0,5x_6 + 0,5x_8) + 0,54(0,75x_7 + 0,25x_8) \\
 & + 0,3 (0,16x_6 + 0,54x_7 + 0,3x_8)\}, \quad (2.2.8)
 \end{aligned}$$

где x_r - текущее значение коэффициента влияния текущего альтернативного варианта архитектуры (структуры, состава и пр.) ИМС на r -ый макропоказатель возможностей информационно-мониторинговой сети, представленных на 4-м уровне иерархии.

Итоговый результат одной итерации оценки результативности в рамках рассматриваемой модели представим в виде численного вектора значений:

$$\{X_A = 0,28; X_B = 0,21; X_C = 0,51\} \quad (2.2.9)$$

Данный вектор оценок позволяет по всей совокупности учитываемых факторов влияния каждого варианта построения структуры (архитектуры) ИМС на уровень соответствия производственной деятельности предприятия наукоемкого приборостроения актуальным запросам потребителей-эксплуатантов сделать вывод о предпочтительности того или иного варианта, а при проведении нескольких итераций последовательного оценивания – проанализировать прогресс в совершенствовании конкретной реализации информационно-мониторинговой сети. При этом предполагается, что такая оценка результативности не носит характера итогового заключения или предписания о результативности, а рассматривается как инструментарий оперативного (быстрого) оценивания тенденции в развитии результативности ИМС, как средство эффективного поиска системных аномалий в структурировании развертываемой или улучшаемой сети.

2.3. Способы применения базовых моделей информационно-мониторинговых сетей продукции наукоемкого приборостроения

Представленные в п.2.1. и п. 2.2. базовые модели обоснования, структурирования и анализа информационно-мониторинговых сетей для мониторинга реализации этапов жизненного цикла продукции наукоемкого приборостроения, а именно модель синтеза структуры и модель оценки результативности указанных сетей, ориентированы на применение как соответствующий научный инструментарий в следующих сферах научно-технической деятельности (т.е. согласно следующих способов их соответствующего применения):

- 1) Внедрение разработанных моделей, как инструментария инженера-системотехника, инженера-программиста при проектировании и формировании информационно-мониторинговых сетей для продукции наукоемкого приборостроения, как средств мониторинга реализации основных и поздних этапов жизненного цикла указанных приборов;
- 2) Использование предлагаемой совокупности моделей, как методических средств в работе корпоративных органов управления предприятий наукоемкого приборостроения, органов ответственных за информатизацию и развитие информационно-телекоммуникационной инфраструктуры предприятия, при решении задач создания и развития инфо-телекоммуникационной инфраструктуры поддержания услуг гарантийного и постгарантийного обслуживания поставляемой приборной техники;
- 3) При развитии системы нормативно-технического регулирования процессов развертывания и применения информационно-мониторинговых сетей для различных дорогостоящих видов продукции. В частности, при разра-

- ботке соответствующих ГОСТ серий СРПП, ЕСКД и ЕСПД в части программного и информационного обеспечения для инфраструктуры ИМС;
- 4) В НИР и ОКР по разработке и совершенствованию распределенных информационных систем мониторинга реализации основных и поздних этапов жизненного цикла продукции наукоемкого приборостроения; по созданию соответствующих программных и программно-аппаратных комплексов;
 - 5) В учебном процессе заведений подготовки и переквалификации специалистов, ориентированных на освоение программ в интересах менеджмента производственной деятельности предприятий наукоемкого приборостроения.

Предложенные модели носят научно-методический характер и при использовании их применительно к различным вариантам реализации информационно-мониторинговых сетей, видам изделий наукоемкого приборостроения и пр. возможно применение в их составе других математических способов и алгоритмов агрегирования более простых показателей результативности в составе более сложных. В ходе диссертационного исследования автором было проанализировано широкое множество различных методов и алгоритмов агрегирования системных показателей. В результате был отобран определенный класс математических методов системного агрегирования показателей, которые могут потенциально быть применены в рамках предложенной модели оценки результативности информационно-мониторинговых сетей. Результаты данного частного исследования представлены в Таблице 2.3.1.

Особо следует подчеркнуть, что предложенные две модели развития информационно-мониторинговых сетей для мониторинга реализации этапов жизненного цикла изделий наукоемкого приборостроения логически сопрягаются и комплексно взаимоувязаны, но, в тоже время, они являются системно самостоятельными, обособленными научными результатами диссертаци-

онного исследования, т.е. отдельными, независимыми положениями, выносимыми на защиту.

Таблица 2.3.1. – Алгоритмы и методы системного агрегирования показателей применимых в модели оценки результативности ИМС

Вид алгоритмов и методов системного агрегирования показателей	Тип отношений между показателями в системе оценки				Тип шкалы			
	Количественное		Качественное		Нормальная	Порядковая	Интервальная	Ранговая
	Направленное	Равнозначное	Направленное	Равнозначное				
1.Методы агрегирования (свертки) при наличии точной информации								
1.1.Регрессивный анализ	+		+			+		
1.2.Метрическое шкалирование	+					+		
1.3.Метод главных компонент		+				+		
1.4.Дискриминантный анализ			+		+	+		
1.5.Сочетание кластер-анализа с дискриминантным анализом	+			+	+	+		
1.6.Классификация объектов с построением факторов классов				+	+	+		
1.7.Сочетание диагонализации матрицы связей с обучением распознаванию образов	+		+		+	+		
1.8.Автоматическая классификация объектов		+			+	+		
1.9.Построение экспертно-статистической целевой функции			+			+		
1.10.Сочетание кластер-анализа и обучения распознаванию образов			+		+	+		
2.Методы агрегирования (свертки) при наличии неточной информации классов								
2.1.Нечеткий регрессионный анализ	+		+			+		
2.2.Метод нечетких главных компонент	+					+		
2.3.Нечеткий дискриминантный анализ			+		+	+		
2.4.Инвариантное шкалирование		+					+	
2.5.Вероятностная задача распознавания образов			+		+	+		
2.6.Размытая автоматическая классификация			+		+	+		
2.7.Алгоритмы построения ИП при нечетком внешнем отношении предпочтения	+		+					+
2.8.Алгоритм агрегирования распределенных исходных данных, заданных вероятностной мерой	+			+		+	+	+
2.9. Алгоритм агрегирования распределенных исходных данных, имеющих нечеткое распределение	+			+		+	+	+

Следует заключить, что базовые модели построения и развития ИМС для мониторинга реализации этапов жизненного цикла продукции наукоемкого приборостроения создают научно-методическую основу для организации указанного мониторинга, а в конечном итоге, для повышения уровня производственной деятельности предприятий приборостроения.

2.4. Выводы по 2 главе

1. Комплекс базовых моделей обоснования ИМС для мониторинга реализации этапов жизненного цикла продукции наукоемкого приборостроения включают в свой состав две логико-математические модели: синтеза структуры и оценки результативности информационно-мониторинговой сети для продукции наукоемкого приборостроения. В своей совокупности эти модели позволяют моделировать и обосновывать программно-технические и организационные решения по формированию, совершенствованию и оптимизации архитектуры указанных сетей в процессе их развития.

2. Модель синтеза структуры информационно-мониторинговой сети для продукции наукоемкого приборостроения в своем описании состоит из трех информационно-логических блоков : 1) постановка задачи синтеза структуры сети; 2) интеграция и статистическое обоснование сводной структуры сети; 3) обоснование информационного обеспечения синтеза структуры сети.

3. Синтез структуры информационно-мониторинговой сети продукции наукоемкого приборостроения имеет целью обоснованное выделение необходимого и достаточного, но не избыточного количества узлов указанной сети, для эффективного сбора, обобщения и интеграции данных по ходу и особенностям эксплуатации мониторируемой продукции, а также экономически-, организационно- и технически- рациональное определение количества и качества телекоммуникационных каналов информационного взаимодействия указанных узлов. При этом, подразумевается, что каждый узел в организационно-техническом плане представляет собой некоторый программно-системный ресурс и ресурс накопления данных (т.е. информационно-вычислительный ресурс в виде сетевых серверов, серверов баз данных и программных сервисов). В свою очередь, каналы телекоммуникационного обмена, при современном уровне инфотелекоммуникационных технологий не есть некоторые физически выделенные каналы связи, а это некоторый пакетный

вариант передачи информации между абонентами в рамках трафика глобальной сети Internet.

4. С информационно-технологической точки зрения, синтез структуры информационно-распорядительных связей при эксплуатации конкретизированного вида продукции наукоемкого приборостроения на базе пространственной интерпретации интенсивности транзакций информационного обмена в процессе эксплуатации указанной продукции одного производителя и географических данных представляет собой обоснованное построение графа, соединяющего географические точки нахождения единиц продукции, подразделений технической поддержки, складов, региональных представительств изготовителя и пр., с привязкой к тем или иным значимым параметрам такого взаимодействия. При этом узлы(вершины) синтезируемого графа имеют строгую пространственно-географическую привязку, а дуги имеют условно-показательный характер.

5. Суммирование и обобщение исходных структур информационно-распорядительных связей для конкретного вида продукции в составе сводной структуры информационно-мониторинговой сети для всех видов (типов, классов и пр.) продукции одного изготовителя не является механическим процессом линейного обобщения. Построение структуры сводной информационно-мониторинговой сети на базе интеграции исходных структур информационно-распорядительных связей для конкретных видов продукции наукоемкого приборостроения есть статистически обоснованное слияние упорядоченного семейства вершин из всех исходных сетей в сводную граф-структуру, в рамках которой дуги сохраняют свойства присущие дугам исходных граф-структур, т.е. модель синтеза структуры информационно-мониторинговой сети для продукции наукоемкого приборостроения позволяет за конечное число шагов обработать (статистически интерпретировать) данные о транзакциях между географическими пунктами размещения указанных единиц продукции в соответствующую структуру искомой сети.

6. Под результативностью информационно-мониторинговой сети продукции наукоемкого приборостроения понимается степень реализации запланированного уровня обеспеченности руководителей соответствующих приборостроительных предприятий актуальными данными о текущем и ретроспективно-обобщенном ходе эксплуатации и поддержания технической готовности поставляемых конкретных типов (видов) продукции из указанных, а также достижения запланированных результатов повышение уровня производственной деятельности (производственных процессов) таких предприятий посредством средств мониторинга реализации этапов жизненного цикла выпускаемых приборов. Результативность информационно-мониторинговой сети продукции наукоемкого производства на практике может быть оценена посредством анализа такого интегрального показателя как «обеспечиваемая информационно-мониторинговой сетью степень влияния на уровень соответствия производственной деятельности предприятия наукоемкого приборостроения актуальным запросам потребителей-эксплуатантов поставляемой аппаратуры».

7. Получаемый в рамках модели оценки результативности ИМС, вектор численных значений оценок позволяет по всей совокупности учитываемых факторов влияния каждого альтернативного варианта построения структуры (архитектуры) сети на уровень соответствия производственной деятельности предприятия наукоемкого приборостроения актуальным запросам потребителей-эксплуатантов сделать вывод о предпочтительности того или иного варианта, а при проведении нескольких итераций последовательного оценивания – проанализировать прогресс в совершенствовании конкретной реализации информационно-мониторинговой сети. Такая оценка результативности рассматривается как факт оперативного (быстрого) оценивания тенденции в развитии результативности конкретной информационно-мониторинговой сети, как оперативный результат эффективного поиска системных аномалий в структурировании развертываемой или улучшаемой сети.

Глава 3. Разработка научно-методических средств мониторинга реализации этапов жизненного цикла продукции наукоемкого приборостроения

3.1. Разработка методики управления изменениями информационно-мониторинговой сети для продукции наукоемкого приборостроения

3.1.1. Представление управления структурой сети как процесс информационно-логической реконструкции исходной системы

В процессе использования информационно-мониторинговых сетей объемы поставок и количество мониторируемых единиц продукции наукоемкого приборостроения с течением времени изменяется как в большую, так и в меньшую сторону. Это вызывает к жизни необходимость решения текущих задач по реорганизации, объединению и/или интеграции, по обобщающей группе видов продукции, структуры сети. Как правило, это задачи оптимизации количества узлов и связей в указанной структуре, сокращение возникающей избыточности или объединения связей однотипных сетей на единой основе физических каналов передачи информации. Именно совокупность указанных процессов целенаправленного изменения структуры информационно-мониторинговых сетей сопровождения жизненного цикла продукции наукоемкого приборостроения для обеспечения учета изменяющегося состава парка и эксплуатационных свойств указанной продукции далее понимается как управление структурой таких сетей. В рамках разработанной в ходе диссертационного исследования методики управления изменениями информационно-мониторинговой сети для продукции наукоемкого приборостроения за основу выбора новой структуры принят критерий «информационно-системной близости», предложенный в [20], для сопоставимых информационных систем с поведением. То есть, при констатации необходимости оптимизации, сокращения информационно-мониторинговой сети того или иного типа продукции за рациональный вариант новой структуры сети принимается

тот, который является наиболее информационно близким с точки зрения современной системологии. Мерой указанной близости, согласно системологического (логико-математического) метода информационно-логической реконструкции, является расстояние Минковского, описывающего потерю полезной (поведенческой, передаточной и пр.) информации при замене исходной структуры сети на вновь вводимую. Математический аппарат информационно-логической реконструкции из современной системологии, принятый за основу разработанной методики детально обоснован и описан в [20]. Указанная мера здесь и далее по тексту описания предлагаемой методики называется «информационное расстояние» и обозначается $D(f, f^*)$. В зависимости от типа исходных данных, учитываемых при описании исходных структур информационно-распорядительных связей по конкретным видам изделий, транзакций данных по эксплуатации продукции наукоемкого приборостроения и пр. значения информационного расстояния $D(f, f^*)$ рассчитываются исходя из следующих соотношений, определяемых формулами энтропии из количественной теории информации К.Шеннона [165, 188]:

- 1) Для вероятностного характера передачи и реализации транзакций данных по эксплуатации продукции наукоемкого приборостроения:

$$D(f, f^*) = \frac{1}{\log_2 |C|} \sum_{c \in C} f(c) \log_2 \frac{f(c)}{f^*(c)} \quad (3.1.1)$$

где:

c - характеристика анализируемой структуры информационно-мониторинговой сети (в системологии: идентификатор состояния системы);

$f(c)$ –целевая функция анализируемой информационно-мониторинговой сети для текущей её структуры (в системологии: функция поведения системы);

$f^*(c)$ –целевая функция анализируемой информационно-мониторинговой сети для реконструируемой её структуры (в системологии: функция поведения информационной реконструкции);

$|C|$ - мощность множества вариантов реконструкции структуры информационно-мониторинговой сети (в системологии: мощность множества вариантов состояний системы и/или её реконструкций). При этом всегда:

$$c \in C ; \quad (3.1.2)$$

$1/\log_2 |C|$ - нормирующий коэффициент, обеспечивающий выполнение условия:

$$0 \leq D(f, f^*) \leq 1. \quad (3.1.3)$$

2) Для сложносоставных вариантов передачи транзакций данных по эксплуатации продукции наукоемкого приборостроения при их дискретно-вероятностном характере:

$$D_G(f, f^*) = \frac{1}{\log_2 |G|} \sum_{\bar{g} \in G} f(\bar{g}) \sum_{c \in C} f(g/\bar{g}) \log_2 \frac{f(g/\bar{g})}{f^*(g/\bar{g})} \quad (3.1.4)$$

где информационные отстояния по Минковскому для составных вариантов рассчитываются по точечным разностям:

$$g_p(f, f^*) = \left[\sum_{c \in C} |f(c) - f^*(c)|^p \right]^{1/p} \quad (3.1.5)$$

p – индекс числа учитываемых точечных разностей в рассматриваемом варианте структуры и соответствующей информационной реконструкции.

При этом необходимо учитывать, что информационные расстояния по Минковскому обладают свойством аддитивности, т.е.:

$$D(f^k, f^t) = D(f^k, f^x) + D(f^x, f^t). \quad (3.1.6)$$

3) Для вариантов непрерывного представления процессов передачи транзакций данных по эксплуатации продукции наукоемкого приборостроения:

$$D(f, f^*) = \frac{1}{\log_2 |C|} \int_0^1 \log_2 \frac{|c(f^*, l)|}{|c(f, l)|} \cdot \quad (3.1.7)$$

Соответственно, при констатации необходимости оптимизации, сокращения информационно-мониторинговой сети того или иного типа продукции за рациональный вариант новой структуры сети реализуется следующая обобщенная последовательность процедур управления указанной структурой в рамках её информационно-логической реконструкции:

1. Синтез упорядоченного множества альтернативных вариантов реконструкций структуры сети (в системологии: порождение реконструктивных гипотез);

2. Проведение расчета информационных расстояний $D(f, f^*)$ между альтернативными вариантами реконструкций структуры сети (в системологии: оценка реконструктивных гипотез);

3. Осуществление выбора варианта такого изменения структуры сети, который уже отвечает внешним требованиям по объемам сокращения (оптимизации), но при этом обеспечивает минимальное информационное расстояние от исходной рациональной структуры информационно-мониторинговой сети (в системологии: принятие решения по реконструктивной гипотезе).

Каждый из указанных обобщенных шагов-процедур рассматриваемой методики нуждается в детализации и пояснениях. Так, в частности, синтез упорядоченного множества альтернативных вариантов реконструкций структуры информационно-мониторинговой сети можно пояснить на упрощенном варианте задачи минимизации объемов трафика и поддерживаемых связей в составе сети.

Пусть имеется информационно-мониторинговая сеть конкретного изделия наукоемкого приборостроения (подсеть в составе информационно-мониторинговой сети предприятия) из трех опорных узлов технического обслуживания и информационных связей между ними, реализованных по принципу «каждый с каждым». В связи с необходимостью сокращения затрат необходимо сократить число поддерживаемых информационных связей в сети, обеспечив минимальные потери её результативности в целом. При этом в рамках принятого частного исследовательского подхода сама информацион-

но-мониторинговая сеть рассматривается как соответствующая система (т.е. совокупность элементов и связей между ними, при определенной структуре которых возникают системные свойства (целевые функции $f(c)$) - свойства не присущие ни одному элементу системы в отдельности, но присущие системе в целом), с определяемыми характеристиками и значениями параметров, необходимых для реализации математического аппарата (3.1.1) - (3.1.7). Суть такого рассмотрения (представления) показана на Рисунке 3.1.1.

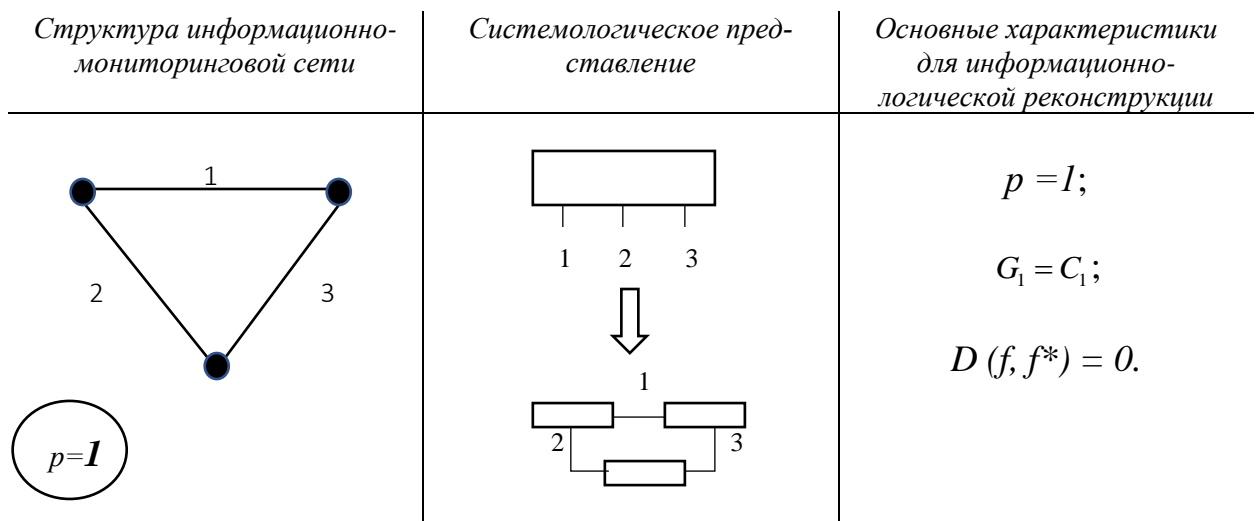


Рисунок 3.1.1. – Представление структуры информационно-мониторинговой сети в рамках принятого исследовательского подхода

Тогда синтез упорядоченного множества альтернативных вариантов информационных реконструкций структуры сети сводится к построению некоторой решетки вариантов, как это показано на Рисунке 3.1.2. При этом производится определение соответствующих характеристик и параметров позволяющих осуществить расчет информационных расстояний $D(f, f^*)$ между альтернативными вариантами реконструкций структуры информационно-мониторинговой сети по всей полученной решетке вариантов. Этот расчет, в свою очередь, позволяет осуществить выбор варианта такого изменения структуры сети, который уже отвечает внешним требованиям по объемам сокращения (оптимизации), но при этом обеспечивает минимальное информационное расстояние от исходной рациональной структуры информационно-мониторинговой сети. В силу параметрически-вариационного характера такой выбор проводится строго последовательно, за два этапа.

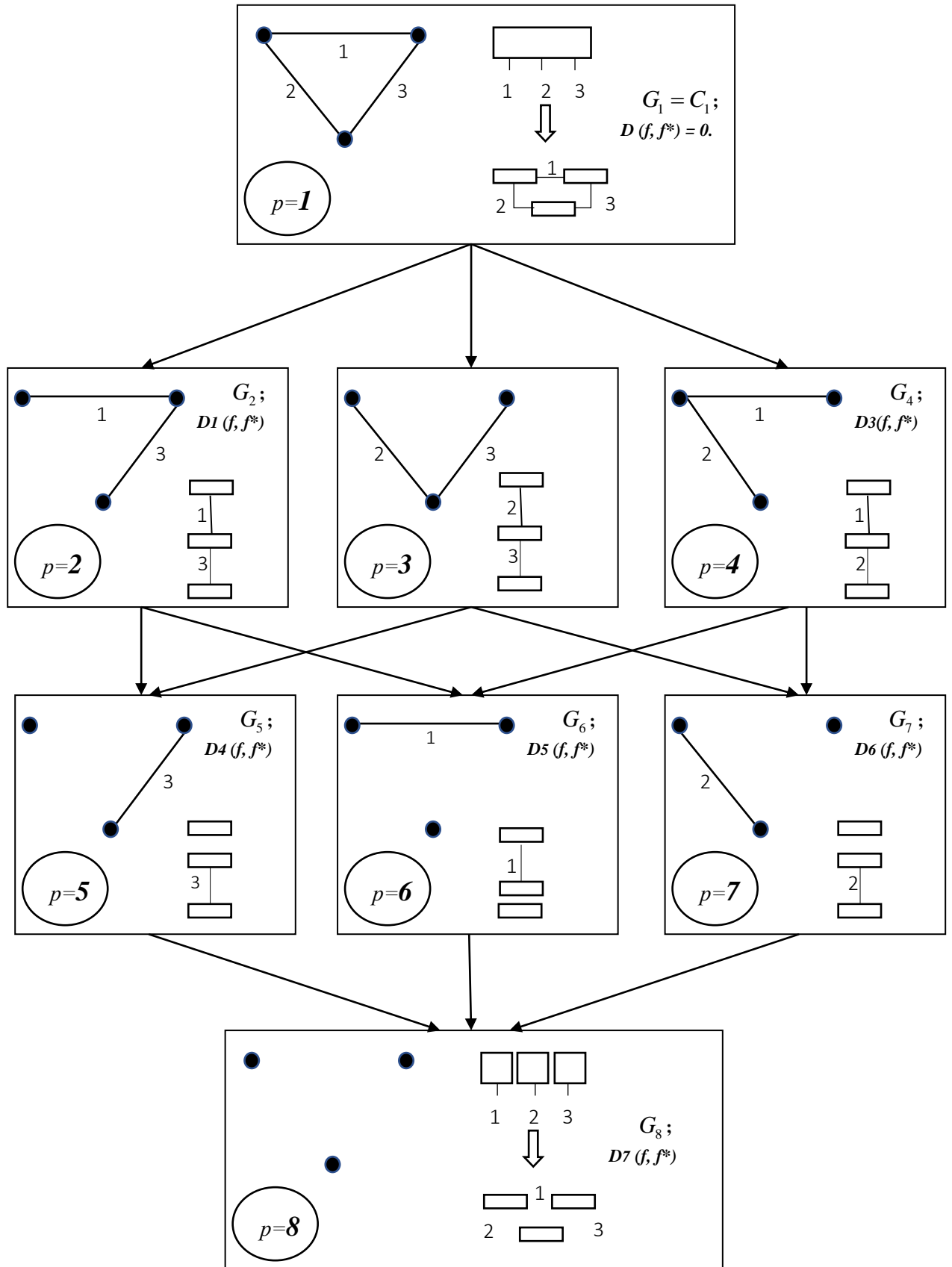


Рисунок 3.1.2. - Пример построения решетки вариантов реконструктивных гипотез для простейшей структуры информационно-мониторинговой сети

К таковым последовательным этапам относятся:

- во-первых, определить наиболее рациональный маршрут «движения» по решетке вариантов (последовательность гипотез реконструкции с минимальными информационными отстояниями от исходной структуры сети), т.е. вариантов, отвечающих критерию:

$$D_g (f(c), f^*(c)) \Rightarrow \min, \quad (3.1.8)$$

$$c \in C, \quad (3.1.9)$$

$$g \in G. \quad (3.1.10)$$

- во-вторых, принять на выбранной последовательности гипотез реконструкции ту гипотезу, которая уже стала удовлетворять внешним для задачи условиям сокращения. Существо выбора пояснено на Рисунке 3.1.3.

Таким образом, представление процесса управления структурой информационно-мониторинговой сети, как информационно-логической реконструкции вариантов изменений исходной системы, позволяет за конечное число шагов получить рациональный с точки зрения задач оптимизации (сокращения, корректуры) вариант искомой структуры.

Приведенный частный вывод требует пояснения применимости математического аппарата (3.1.1.) – (3.1.10) в виде частных примеров решения задач управления структурой сети, а также детализации вопросов приведения исходной параметрической информации к виду, обеспечивающему практическое применение предлагаемой методики. Указанные примеры даны ниже.

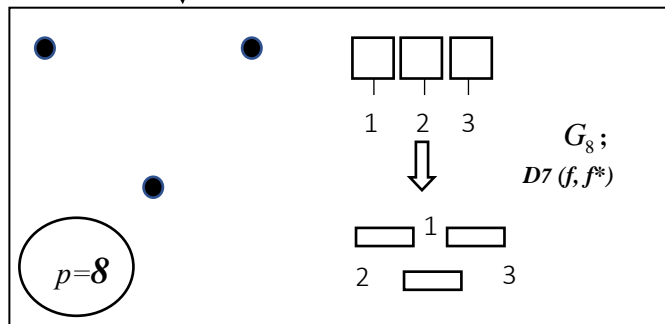
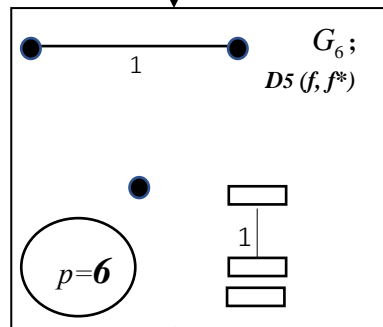
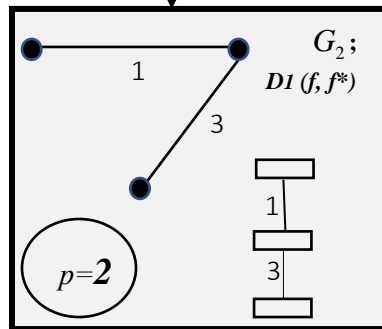
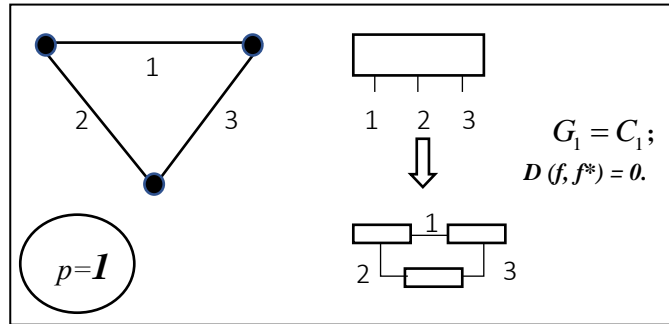
Пример 1. Необходимо принять решение о сокращении состава связей в информационно-мониторинговой сети. Целевая функция $f(c)$ анализируемой информационно-мониторинговой сети и её элементов для текущей структуры c оценивается по следующим показателям важности реализуемых транзакций со следующими значениями параметров, заданными на бинарном множестве:

v_1 - информативность контента транзакций (1 – высокая, 0 – низкая);

v_2 -стоимость мониторируемых технических работ, услуг (1-высокая, 0 -низкая);

v_3 -техническая сложность мониторируемых работ, услуг (1-высокая, 0 -низкая).

**I этап выбора и принятия решения по варианту
реконструктивной гипотезы**



**II этап выбора
и принятия
решения по ва-
рианту рекон-
структивной
гипотезы**

Рисунок 3.1.3. – Последовательность этапов выбора и принятия решения по приемлемому варианту реконструктивной гипотезы

Задача заключается в нахождении такого варианта переконфигурирования структуры информационно-мониторинговой сети продукции конкретного вида наукоемкого приборостроения, при котором потери по указанным показателям будут минимальными.

Пусть были собраны и анализируются данные для 960 транзакций, уже обработанных в информационно-мониторинговой сети со структурой C : каждая из рассматриваемых транзакций отнесена к определенному классу доминирования показателей $\{v_1, v_2, v_3\}$, что привело к формированию исходного параметра частоты $N(c)$ появления транзакций определенного класса. В виду объективной конечности числа комбинаций классу доминирования показателей $\{v_1, v_2, v_3\}$ таковые классы упорядочены в виде числовой бинарной решетки. Тогда целевая функция $f(c)$ анализируемой информационно-мониторинговой сети будет определяться как нормированное значение частоты $N(c)$ появления транзакций определенного класса по всему учитываемому множеству транзакций. Формализованная постановка рассматриваемой в Примере 1 задачи представима в виде матрицы, характеризующей структуру C и показанной на Рисунке 3.1.4.

	v_1	v_2	v_3	$N(c)$	$f(C)$
$C =$	0	0	0	156	0,162
	0	0	1	107	0,111
	0	1	0	84	0,067
	0	1	1	31	0,032
	1	0	0	84	0,087
	1	0	1	133	0,139
	1	1	0	156	0,162
	1	1	1	209	0,218

Рисунок 3.1.4. – Формализованное представление задачи управления структурой информационно-мониторинговой сети в матричном виде (Пример 1)

После расчета информационных расстояний $D(f, f^*)$ между альтернативными вариантами реконструкций структуры сети решетка вариантов реконструктивных гипотез для структуры информационно-мониторинговой сети в упрощенном виде примет вид, показанный на Рисунке 3.1.5. (В префиксных подписях на этом рисунке обозначены значения $D(f, f^*)$ рассчитанные по (3.1.1) и (3.1.4) по данным матрицы из Рисунка 3.1.4.)

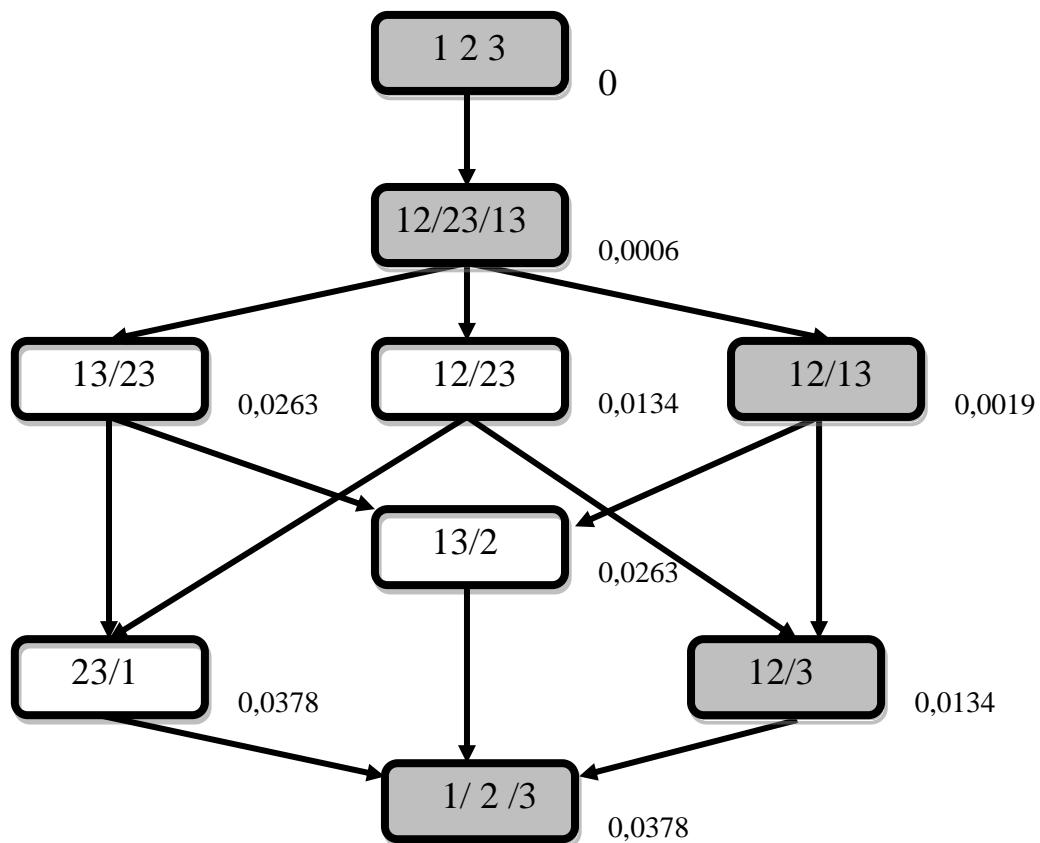


Рисунок 3.1.5. - Решетка вариантов реконструктивных гипотез для структуры информационно-мониторинговой сети (Пример 1)

На приведенной на Рисунке 3.1.5. решетке вариантов реконструктивных гипотез для структуры информационно-мониторинговой сети в рассматриваемом примере 1 темной тонировкой показан наиболее рациональный маршрут «движения» по решетке вариантов (последовательность гипотез реконструкции с минимальными информационными отстояниями от исходной структуры сети). Указанный маршрут фактически предопределяет 4 основных шага в декомпозиции системы связей в информационно-мониторинговой

сети. Далее, в зависимости от внешних условий (требований к уменьшению линий связи, сокращения объемов оплачиваемого трафика и пр.) лицо принимающее решение выбирает из 4 вариантов структуры ту, которая уже удовлетворяет внешним условиям, но имеет минимальное информационное отстояние от исходной структуры сети. Суть такого выбора показана на Рисунке 3.1.6.

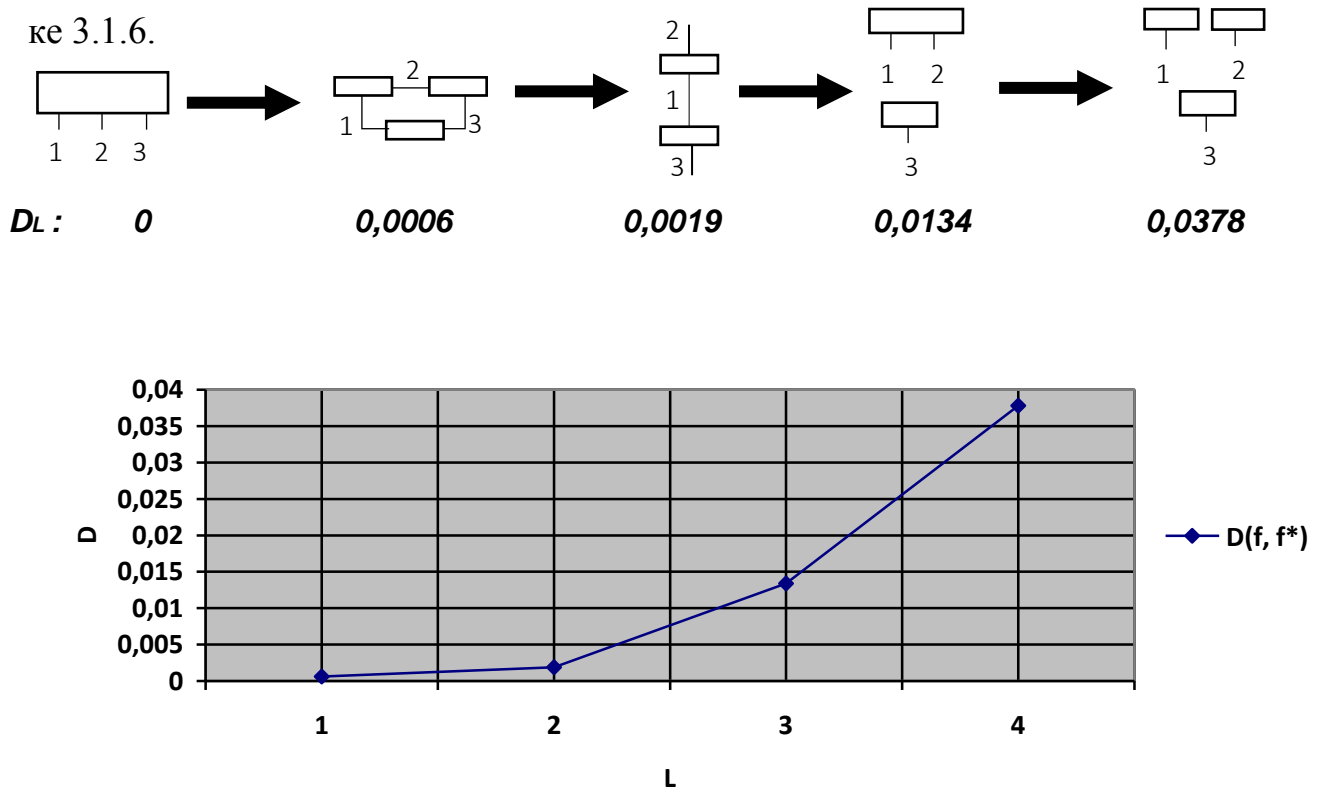


Рисунок 3.1.6.– Выбор реконструктивной гипотезы соответствующей решению задачи управления структурой сети (Пример 1)

Необходимо отметить, что, как видно из описания аппарата предлагаемой методики и примера 1, анализ структуры информационно-мониторинговой сети и её элементов осуществляется по исходным данным в виде оценок по некоторым показателям важности реализуемых транзакций в этой сети. При этом значения параметров по указанным показателям оцениваются экспертно, но не обязательно на бинарной области определения, как это было в Примере 1. Шкала для экспертных оценок по оперативно назначаемым показателям важности реализуемых транзакций в каждой сети и в каж-

дом конкретном случае могут быть различными и с большим числом градаций, что показано в Примере 2 к данной методике.

Пример 2. Необходимо принять решение о реорганизации структуры информационно-мониторинговой сети. Целевая функция $f(c)$ анализируемой информационно-мониторинговой сети и её элементов для текущей структуры c оценивается по следующим показателям важности реализуемых транзакций со следующими значениями параметров:

v_1 -стоимость мониторируемых технических работ, услуг (1-высокая, 0 - низкая);

v_2 -техническая сложность мониторируемых работ, услуг (1-высокая, 0 - низкая);

v_3 -имиджевое значение (2-высокое, 1- целесообразно-умеренное; 0 -низкое).

Пусть постановка рассматриваемой в Примере 2 задачи аналогична Примеру 1. Тогда при суммарных 114 анализируемых транзакциях задача в формализованном виде представима как матрица, показанная на Рисунке 3.1.7.

	v_1	v_2	v_3	$N(c)$	$f(C)$
C =	000			28	0,246
	001			4	0,035
	002			2	0,018
	010			5	0,044
	011			25	0,219
	012			3	0,026
	100			5	0,044
	101			9	0,079
	102			8	0,070
	110			7	0,061
	111			15	0,132
	112			3	0,026

Рисунок 3.1.7. – Формализованное представление задачи управления структурой информационно-мониторинговой сети в матричном виде (Пример 2)

По результатам расчета информационных расстояний $D(f, f^*)$ между альтернативными вариантами реконструкций структуры сети решетка вариантов реконструктивных гипотез для структуры информационно-мониторинговой сети, в нотации аналогичной выше представленной, примет вид, показанный на Рисунке 3.1.8. (В префиксных подписях на этом рисунке обозначены значения $D(f, f^*)$ рассчитанные по (3.1.1) и (3.1.4) по данным матрицы из Рисунка 3.1.7.)

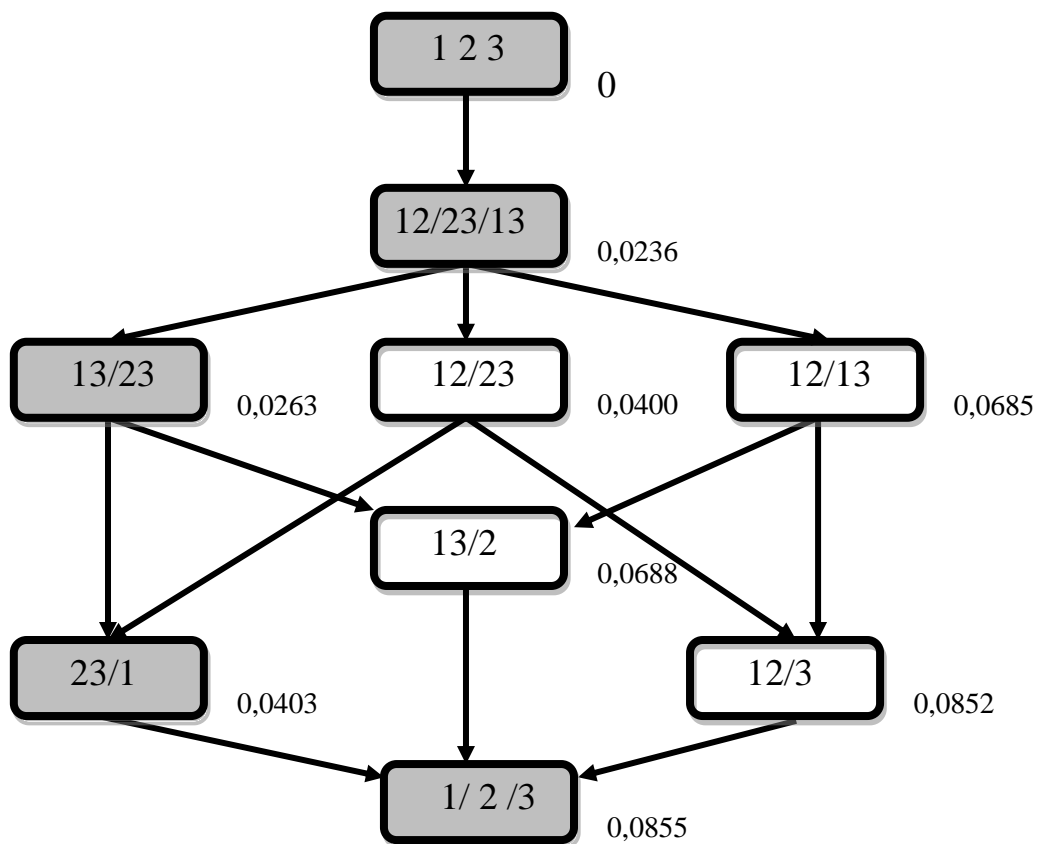


Рисунок 3.1.8. - Решетка вариантов реконструктивных гипотез для структуры информационно-мониторинговой сети (Пример 2)

В итоге принимается вариант структуры связей информационно-сопроводительной сети по той реконструктивной гипотезе, которая из выделенных на приведенной решетке отвечает внешним требованиям по объемам предполагаемой оптимизации, как это показано на Рисунке 3.1.9.

Таким образом, представление управления структурой информационно-мониторинговой сети как процесса информационно-логической реконструкции исходной системы позволяет за конечное число шагов находить такой рациональный вариант изменений исходной структуры, который обеспечивает минимальные информационные потери в реализации функционала этой сети после внесения в неё изменений. При этом шкалы экспертного оценивания по оперативно назначаемым показателям важности реализуемых транзакций в каждой сети и в каждом конкретном случае могут быть с различным числом градаций. Указанные градации, очевидно, носят номинальный характер. К ним значения традиционных метрических шкал, встречающихся в практике реальных измерений (объем трафика в Мб/с, временные задержки передачи в мс, объемы передаваемой цифровой информации в Гб и пр.) могут приводиться с использованием специального научно-методического аппарата, описанного в пп. 3.1.2.

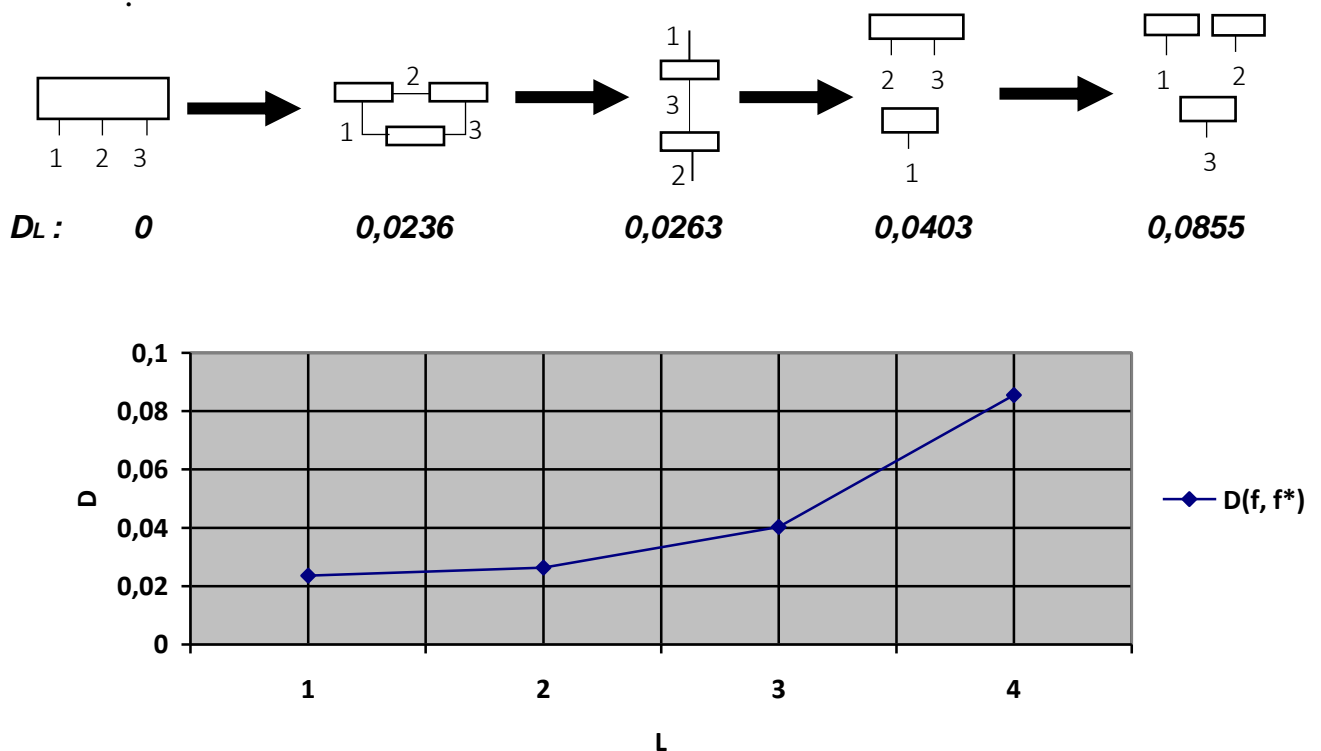


Рисунок 3.1.9.– Выбор реконструктивной гипотезы соответствующей решению задачи управления структурой сети (Пример2)

Разработанная методика опирается на симбиоз системологических и математико-параметрических методов моделирования, что определяет её сложность и специфичность практического применения. Дальнейшая систематизация разработанного научно-методического аппарата проведена путем обобщающей алгоритмизации методики управления изменениями информационно-мониторинговой сети для изделий наукоемкого приборостроения, представленной и описанной в пп. 3.1.3.

3.1.2. Приведение шкал оценивания для исходных параметрических данных по структуре информационно-мониторинговой сети

Процесс приведения шкал оценивания для исходных параметрических данных по структуре информационно-мониторинговой сети имеет своей целью эквивалентное преобразование измерений по различным шкалам, встречающимся в практике проектирования и развертывания указанных сетей (номинальная шкала, шкала линейного порядка, шкала отношений, числовая шкала - шкала интервалов и пр.). В основе методики управления изменениями информационно-мониторинговой сети для продукции наукоемкого приборостроения лежит понимание того, что информационной базой для принятия решений о рациональности той или иной реконструкционной гипотезы является множество исходных данных о реализуемых транзакциях передачи эксплуатационных данных о мониторируемой продукции. Эти данные есть некоторые параметры, принимающие определенное значение из области определения. Указанные параметры измеряются для каждой конкретной реализации соответствующей информационно-мониторинговой сети определенного вида продукции наукоемкого приборостроения по различным шкалам, с различными мерами и точностями. При этом термин «измерение» в данном случае понимается как манипуляция, согласно которой измеряемым свойствам информационно-мониторинговой сети сопоставляются соответствующие

щие упорядоченные градации принятого соответствующего эталона в данной предметной области.

Приняв тезис о том, что любая шкала измерений определяется алгебраической группой, т.е. совокупностью допустимых, соответствующих преобразований, в ходе диссертационного исследования были рассмотрены базовые виды шкал измерения параметров информационно-мониторинговых сетей продукции наукоемкого приборостроения, применимых при практическом использовании разработанной методики согласно [39,129,153,166,171].

Первоначально в ходе диссертационного исследования были рассмотрены возможности преобразования данных, получаемых по номинальным шкалам, которые также часто называют шкалами наименований. Для значений параметров информационно-мониторинговой сети, получаемых на таких шкалах, при наличии установленного порядка между градациями, допустимы все биективные, то есть взаимно однозначные, преобразования, которые предполагают возможность сопоставления любому значению

$$(x \in R^1), \quad (3.1.11)$$

оцениваемого параметра текущей информационно-мониторинговой сети продукции наукоемкого приборостроения некоторого числового значения. Иными словами, при измерении или оценке параметра сети по шкале наименований, получаемое значение может быть эквивалентно представлено некоторым числовым значением

$$y = \varphi(x) \in R^1, \quad (3.1.12)$$

если формируемое таким образом отображение в области действительных и рациональных чисел

$$\varphi: R^1 \rightarrow R^1, \quad (3.1.13)$$

строго отвечает условию обеспечения строгого порядка между градациями итоговой шкалы

$$\forall x_1, x_2 \in R^1 \{x_1 \neq x_2\} \Leftrightarrow \{\varphi(x_1) \neq \varphi(x_2)\}. \quad (3.1.14)$$

Также были рассмотрены возможности преобразования данных, получаемых по ординальным шкалам, которые также часто называют порядковыми шкалами. В ходе исследования было установлено, что при измерении или оценке параметра сети по ординальной или порядковой шкале, получаемое значение может быть эквивалентно представлено некоторым числовым значением, если формируемое таким образом отображение в область действительных и рациональных чисел вида (3.1.13) будет удовлетворять условию:

$$\forall x_1, x_2 \in R^1 \quad \{x_1 \leq x_2\} \Leftrightarrow \{\varphi(x_1) \leq \varphi(x_2)\}. \quad (3.1.15)$$

При получении значений параметров информационно-мониторинговых сетей продукции наукоемкого приборостроения как исходных данных для дальнейшего анализа из процедур экспертного опроса (экспертизы) принято считать, что такие значения измерены с использованием порядковой (ординальной) шкалы. Именно этот подход постулирован в рамках разработанной методики.

При измерении или оценке параметра информационно-мониторинговой сети по шкале отношений, допускающей неотрицательные линейные преобразования вида (3.1.13), получаемое значение может быть также эквивалентно представлено некоторым числовым значением, если формируемое таким образом отображение в область действительных и рациональных чисел вида (3.1.13) будет удовлетворять условию:

$$y = \varphi(x) = \alpha x, \quad \alpha \in R^1, \quad \alpha > 0. \quad (3.1.16)$$

Определяющие эту шкалу неотрицательные преобразования имеют величиной, не изменяющейся под действием данного преобразования, именно отношение измеренных и переводимых-преобразуемых параметров:

$$\forall x_1, x_2 \in R^1, \quad x_2 \neq 0 \quad \frac{\varphi(x_1)}{\varphi(x_2)} = \frac{\alpha x_1}{\alpha x_2} = \frac{x_1}{x_2}. \quad (3.1.17)$$

Про параметр информационно-мониторинговых сетей продукции наукоемкого приборостроения, измеренный по шкале отношений, справедливо считать, что получаемое значение может быть эквивалентно представлено некоторым числовым значением, если формируемое таким образом отображение в об-

ласть действительных и рациональных чисел вида (3.1.13) будет удовлетворять условию:

$$\varphi: R^1 \rightarrow R^1 : \varphi(x) = \alpha x, \quad \alpha > 0. \quad (3.1.18)$$

При измерении или оценке параметра информационно-мониторинговой сети по шкалам разностей, которые также часто называют шкалами интервалов, допускающим простые линейные преобразования с натуральным коэффициентом пропорциональности для (3.1.13), получаемое значение параметра может быть также эквивалентно представлено некоторым числовым значением, если формируемое таким образом отображение в область действительных и рациональных чисел вида (3.1.13) будет удовлетворять ряду условий:

$$y = \varphi(x) = x + \beta, \quad \beta \in R^1. \quad (3.1.19)$$

а также тому, что любое допустимое преобразование должны иметь величинной, не изменяющейся под действием данного преобразования разность преобразуемых величин:

$$\forall x_1, x_2 \in R^1 \quad \varphi(x_1) - \varphi(x_2) = (x_1 + \beta) - (x_2 + \beta) = x_1 - x_2. \quad (3.1.20)$$

Про параметр информационно-мониторинговых сетей продукции наукоемкого приборостроения, измеренный по шкале разностей или интервалов, справедливо считать, что получаемое значение может быть эквивалентно представлено некоторым числовым значением, если формируемое таким образом отображение в область действительных и рациональных чисел вида (3.1.13) будет удовлетворять условию:

$$\varphi: R^1 \rightarrow R^1 : \varphi(x) = x + \beta, \quad \beta \in R^1. \quad (3.1.21)$$

При измерении или оценке параметра информационно-мониторинговой сети по шкале отношений разностей, допускающей положительных линейных преобразований (3.1.13) над множествами вещественных чисел, получаемое значение может быть также эквивалентно представлено некоторым числовым значением, если формируемое таким образом отображение в область действительных и рациональных чисел вида (3.1.13) будет удовлетворять условию:

$$y = \varphi(x) = \alpha x + \beta, \quad \alpha, \beta \in R^1, \alpha > 0. \quad (3.1.22)$$

Про параметр информационно-мониторинговых сетей продукции наукоемкого приборостроения, измеренный по шкале отношений разностей, справедливо считать, что получаемое значение может быть эквивалентно представлено некоторым числовым значением, если формируемое таким образом отображение в область действительных и рациональных чисел вида (3.1.13) будет удовлетворять условиям:

$$\forall x_i \in R^1, i = 1, 2, 3, 4, x_3 \neq x_4 \quad \frac{\varphi(x_1) - \varphi(x_2)}{\varphi(x_3) - \varphi(x_4)} = \frac{(\alpha x_1 + \beta) - (\alpha x_2 + \beta)}{(\alpha x_3 + \beta) - (\alpha x_4 + \beta)} = \frac{x_1 - x_2}{x_3 - x_4}, \quad (3.1.23)$$

а также тому, что любое допустимое преобразование должны иметь величинной, не изменяющейся под действием данного преобразования линейное отношение преобразуемых величин:

$$\varphi: R^1 \rightarrow R^1: \quad \varphi(x) = \alpha x + \beta, \quad \alpha, \beta \in R^1, \alpha > 0. \quad (3.1.24)$$

Исходные параметры, определяющие рациональность той или иной структуры информационно-мониторинговой сети определенного вида изделий наукоемкого приборостроения измеряются для каждой конкретной реализации по различным соответствующим шкалам, с различными мерами и точностями. Необходимость учета всех соответствующих параметров, часто имеющих несопоставимые меры, градации и диапазоны варьирования, в рамках единой методики ведет к приведению всех используемых шкал к единой. Такая шкала обеспечивает нормирование всех параметров информационно-мониторинговой сети и задание им в качестве области значений соответствующего (назначенного) числового отрезка.

Таким образом, разработанная методика предполагает возможность широкого преобразования (приведения) самых различных шкал оценки и/или измерения исходных параметров структуры информационно-мониторинговой сети к соответствующим ординальным шкалам (шкалам порядка), которые показаны в пп. 3.1.1. (Пример 1 и Пример2).

Наиболее широкие возможности преобразования (приведения) самых различных шкал оценки и/или измерения исходных параметров структуры

информационно-мониторинговой сети к соответствующим ординальным шкалам (шкалам порядка) достигается путем конкретизации преобразования (3.1.13) изначальной шкалы, определяемой спецификой предметной области, и как правило, задаваемой над фундаментальным множеством вещественных чисел R^1 . При этом известно, что если для упорядоченных 2-х градаций $x_1, x_2 \in R^1$ изначальной шкалы, заданной над R^1 , справедливо условие-соотношение

$$\{x_1 < x_2\} \Leftrightarrow \{\varphi(x_1) < \varphi(x_2)\}, \quad (3.1.25)$$

то оно обязательно должно быть выполнимо и на преобразованной шкале.

Семейство шкал $\varphi(R^1)$, получаемое путем преобразования (приведения) на базе исходной предметной шкалы над R^1 при помощи конкретизированных преобразований вида (3.1.13) увеличивается, при применении монотонных возрастающих преобразований

$$\forall x_1, x_2 \in R^1 \{x_1 < x_2\} \Rightarrow \{\varphi(x_1) \leq \varphi(x_2)\}. \quad (3.1.26)$$

Семейство преобразованных шкалы $\varphi(R^1)$ есть итог не только строго возрастающих и неубывающих преобразований (3.1.25) и/или (3.1.26), но и строго убывающих и невозрастающих преобразований вида:

$$\forall x_1, x_2 \in R^1 \{x_1 < x_2\} \Leftrightarrow \{\varphi(x_1) > \varphi(x_2)\}, \quad (3.1.27)$$

$$\forall x_1, x_2 \in R^1 \{x_1 < x_2\} \Rightarrow \{\varphi(x_1) \geq \varphi(x_2)\}. \quad (3.1.28)$$

Эквивалентные замены-приведения (3.1.27) и (3.1.28) нужны в тех случаях, когда учитывается знак (полярность) параметра информационно-мониторинговой сети [166, 171].

В ходе диссертационного исследования было установлено, что в рамках параметризации свойств различных информационно-мониторинговых сетей различной продукции отечественной промышленности нашел наибольшее применение ряд специфических производных шкал $\varphi(R^1)$. Так, в частности, если параметр x анализируемых вариантов структуры информационно-мониторинговой сети предопределяет конечное число таких вариантов – N ,

то становится возможным задать функцию $N(x)$, связывающую указанный параметр и приоритетность выбора вариантов структуры сети. Тогда сама функция $N(x)$ может быть рассмотрена как соответствующий шкалированный параметр $q(x)$:

$$q(x) = N(x), \quad x \in R^1, \quad N(x) \in \{0, 1, 2, \dots, n\}. \quad (3.1.29)$$

Аналогично, согласно [166, 171], возможно задать специфическую производную шкалу и соответствующий шкалированный параметр путем нормирования (3.1.29), то есть:

$$q(x) = \frac{N(x)}{n-1}, \quad x \in R^1, \quad q(x) \in \left\{0, \frac{1}{n-1}, \frac{2}{n-1}, \dots, \frac{n-2}{n-1}, 1\right\}. \quad (3.1.30)$$

При рассмотрении предметного, начального параметра x информационно-мониторинговой сети, как случайной величины (СВ) \tilde{x} с некоторым законом распределением $F(x; \tilde{x})$, соответствующая функция распределения также может быть специфическим параметром информационно-мониторинговой сети вида:

$$q(x) = F(x; \tilde{x}), \quad x \in R^1, \quad F(x; \tilde{x}) \in [0, 1]. \quad (3.1.31)$$

Такая СВ \tilde{x} всегда будет выжаться через математическое ожидание (МО) $\mu = M\tilde{x}$ а также дисперсию, как квадрат среднеквадратического отклонения реализаций СВ от МО - $\sigma^2 = D\tilde{x}$. Это дает возможность представить обобщенную формулу преобразования (3.1.13), задающую вышеуказанный показатель $q = q(x) = \varphi(x)$, конкретизировать как преобразование линейного вида:

$$q(x) = \varphi(x) = \frac{x - \mu}{\sigma} = \frac{1}{\sigma} \cdot x - \frac{\mu}{\sigma}, \quad x \in R^1, \quad q(x) \in R^1, \quad (3.1.32)$$

Применимость (3.1.32) для анализа свойств информационно-мониторинговой сети подтверждается широким использованием этого преобразования в исследованиях [39, 129, 153, 166, 171]. Его конструктив заключается в том, что в его результате получается СВ

$$\tilde{y} = \varphi(\tilde{x}) = \frac{\tilde{x} - \mu}{\sigma}, \quad (3.1.33)$$

с МО равным нулю:

$$M\tilde{y} = \frac{1}{\sigma} M\tilde{x} - \frac{\mu}{\sigma} = 0, \quad D\tilde{y} = \frac{1}{\sigma^2} D\tilde{x} = 1. \quad (3.1.34)$$

Расчет параметра вида (3.1.32) может быть упрощен если по произвольной упорядоченной выборке x_1, \dots, x_n текущих значений начального параметра X соответствующее МО заменить оценочным значением выборочного среднего:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i, \quad (3.1.35)$$

а дисперсию, как квадрат соответствующего среднеквадратического отклонения СВ, заменить аналогичной оценкой - значением выборочной дисперсии

$$s^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2, \quad (3.1.36)$$

или аналогичным несмещенным значением

$$s_0^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2. \quad (3.1.37)$$

Проинтегрировав соотношения (3.1.35), (3.1.36) или (3.1.34), (3.1.37) в (3.1.32) взамен исходных переменных МО и дисперсии, получаем для рассматриваемого специфического параметра информационно-мониторинговой сети соотношение

$$q(x) = \frac{x - \bar{x}}{s} = \left(\sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \right)^{-1} x - \frac{1}{\sqrt{n}} \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}}, \quad (3.1.38)$$

или соотношение

$$q(x) = \frac{x - \bar{x}}{s_0} = \left(\sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \right)^{-1} x - \sqrt{\frac{n-1}{n^2}} \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}}. \quad (3.1.39)$$

При определении и шкалировании параметров информационно-мониторинговых сетей, как правило, нужно осуществить сравнительный анализ текущих значений параметра x с базисным (эталонно-нормальным) значением x_0 . Для реализации такого сравнительного анализа этого эталонного уровня с базовым значением надо применять аддитивную или мультипликативную математическую форму специфического параметра. В частности, специфический параметр аддитивной матформы

$$q(x) = x - x_0, \quad x, x_0 \in R^1, \quad x_0 > 0, \quad (3.1.40)$$

позволяет выявить и учесть уровень и знак несовпадения текущего значения параметра относительно базового значения. Аналогичные вычислительные свойства показывает специфический параметр мультипликативной матформы

$$q(x) = \frac{x}{x_0}, \quad x, x_0 \in R^1, \quad x_0 > 0. \quad (3.1.41)$$

Так же для реализации сравнительного анализа текущих значений параметра x с базисным значением x_0 возможно применение нормированных специфических показателей, приводящих область своих значений к единичному числовому интервалу. При этом определяющим фактором эквивалентности преобразования (приведения) исходных шкал к итоговым является сохранение отношения строго порядка между градациями шкал, т.е. биективный характер задаваемого функционального преобразования. Для обобщения выше указанных возможностей рационально применять кусочно-линейный математический вид параметра информационно-мониторинговой сети:

$$q(x) = \begin{cases} 0, & x \leq x_-, \\ \frac{x - x_-}{x_+ - x_-}, & x_- < x \leq x_+, \\ 1, & x > x_+, \end{cases} \quad (3.1.42)$$

достоверно неубывающий при увеличении измеряемого (оцениваемого) начального параметра информационно-мониторинговой сети, согласно исследованиям [166, 171].

При убывающей тенденции в значениях итогового специфического параметра при увеличении измеряемого (оцениваемого) начального параметра информационно-мониторинговой сети, как и при возрастающей тенденции в значениях итогового специфического параметра при уменьшении измеряемого (оцениваемого) начального параметра информационно-мониторинговой сети надо применять кусочно-линейную математическую форму:

$$q(x) = \begin{cases} 1, & x \leq x_-, \\ \frac{x_+ - x}{x_+ - x_-}, & x_- < x \leq x_+, \\ 0, & x > x_+, \end{cases} \quad (3.1.43)$$

достоверно невозрастающую при увеличении измеряемого (оцениваемого) начального параметра. Для обеспечения возможности алгебраической работы с выпуклостью функции, описывающей специфический показатель $q = q(x)$ математические выражения (3.1.42), (3.1.43) в ходе диссертационного исследования, на основании данных из [166, 171], были приведены к следующим математическим формам

$$q(x) = \begin{cases} 0, & x \leq x_-, \\ \left(\frac{x - x_-}{x_+ - x_-} \right)^\lambda, & x_- < x \leq x_+, \\ 1, & x > x_+, \end{cases} \quad (3.1.44)$$

$$q(x) = \begin{cases} 1, & x \leq x_-, \\ \left(\frac{x_+ - x}{x_+ - x_-} \right)^\lambda, & x_- < x \leq x_+, \\ 0, & x > x_+, \end{cases} \quad (3.1.45)$$

в которых переменная λ задает степень и направление выпуклости соответствующих функций, что более детально описано в исследованиях [39.129.153.166.171].

Принципиальным выводом частного научного исследования всех аспектов осуществления эквивалентного преобразования измерений по различным шкалам, встречающимся в практике проектирования и развертывания информационно-мониторинговых сетей продукции наукоемкого приборостроения стала констатация допустимости выше указанных преобразований (математических форм приведения шкал к соответствующим ординальным шкалам (шкалам порядка)) при обеспечении сохранения отношения строго порядка между градациями шкал, т.е. при биективном характере задаваемого функционального преобразования (приведения шкалы). Именно сохранение строго порядка между соответствующими градациями преобразуемых шкал обеспечивает корректность при выполнении расчетов информационных расстояний между различными реконструктивными гипотезами о структуре информационно-сопроводительной сети продукции наукоемкого приборостроения, согласно (3.1.1) – (3.1.7). Такой частный исследовательский вывод явился полноценной основой для реализации функционала методики управления изменениями информационно-мониторинговой сети для продукции наукоемкого приборостроения.

3.1.3. Алгоритм управления изменениями информационно-мониторинговой сети для продукции наукоемкого приборостроения

Реализация вышеописанного аппарата процедур методики управления изменениями информационно-мониторинговой сети для продукции наукоемкого приборостроения объективно требует упорядочения общей последовательности применения указанных процедур в рамках единого алгоритма, что было сделано в ходе диссертационного исследования. Общая схема решения задачи управления изменениями информационно-мониторинговой сети для продукции наукоемкого приборостроения, по аналогии с методом информационно-логической реконструкции из [20], разбита на четыре сводных этапа:

- 1) Уяснение текущей задачи управления изменениями информационно-мониторинговой сети продукции наукоемкого приборостроения;
- 2) Приведение шкал и критериев к единой базе измерений текущих параметров информационно-сопроводительной сети путем эквивалентного преобразования;
- 3) Оценка альтернативных вариантов структуры сети, принятие исследовательского или проектного решения;
- 4) Интерпретация и адаптация результатов в предметной области информационно-мониторинговой сети продукции наукоемкого приборостроения.

Систематизация разработанных процедур научно-методического аппарата управления изменениями информационно-мониторинговой сети для продукции наукоемкого приборостроения реализована путем связывания логики их применения на практике в виде соответствующего обобщающего алгоритма. Он представлен в нотации блок-схем алгоритмов на Рисунке 3.1.10., как основной алгоритм разработанной методики управления изменениями информационно-мониторинговой сети для продукции наукоемкого приборостроения. Обозначенные на схеме алгоритма процедуры соответствуют логико-математическим процедурам описанным в пп. 3.1.1. – 3.1.2.



Рисунок 3.1.10. – Обобщенный алгоритм реализации методики управления изменениями информационно-мониторинговой сети для продукции наукоемкого приборостроения

Завершающий этап интерпретации и адаптации результатов информационно-реконструктивного моделирования структуры информационно-мониторинговой сети вызван к жизни пониманием того факта, что реализация на практике синтезированных проектных и технических решений объективно столкнется с ограничениями организационного, финансового и пр. характера.

Таким образом, проектные и научно-проектные решения по управлению изменениями информационно-мониторинговой сети для продукции наукоемкого приборостроения, получаемые в рамках разработанной методики, рассматриваются автором не как итоговые предписания для их безусловного проведения в жизнь, а как некоторые рационально-конструктивные ориентиры, проектные индикаторы для определения наилучших технических схем, приемов и способов преобразования структур искомых сетей.

Дальнейшее развитие и практическое применение разработанной методики рассматривается автором исключительно в составе всего научно-методического инструментария мониторинга реализации этапов жизненного цикла изделий наукоемкого приборостроения (т.е. в комплекте соответствующих базовых моделей и научно-методических средств искомого мониторинга).

3.2 Разработка методики информатизации мониторинга этапов жизненного цикла продукции наукоемкого производства на базе цифровых двойников

В современных условиях термин «информатизация» понимается очень широко: от внедрения средств вычислительной техники для более оперативной обработки информации (компьютеризация) до изменения философии постиндустриального общества с помощью передовых информационных технологий. Здесь и далее в работе под «информатизацией мониторинга жизненного цикла продукции наукоемкого приборостроения» понимается процесс повышения эффективности сбора, накопления и обработки информации в цифровом виде по вопросам хода эксплуатации указанной продукции с помощью перспективных информационных технологий.

Сегодня процесс информатизации мониторинга жизненного цикла продукции наукоемкого приборостроения очень тесно увязан с проводимой в стране политикой по цифровизации производства и всех аспектов жизни общества, цифровой трансформации всех процессов жизнедеятельности. Наиболее результативным средством указанной трансформации в сфере мониторинга жизненного цикла продукции наукоемкого приборостроения являются методы и технологии т.н. цифровых двойников, т.е. цифровых образов (моделей) физических объектов или процессов, помогающих оптимизировать эффективность управления такими объектами или процессами. Именно моделирование процесса мониторинга жизненного цикла продукции наукоемкого приборостроения как соответствующего цифрового двойника создает соответствующий конструктив разработанной методики информатизации. Первоначальным шагом обоснования такой методики является формирование облика такой информационной модели процесса мониторинга жизненного цикла продукции наукоемкого приборостроения, как его «цифровой двойник». При этом информационно-логическая (инфологическая) структура схемы прикладных данных для указанной модели и понимается как формат цифрового двойника.

3.2.1. Понятие и инфологическая структура цифрового двойника жизненного цикла продукции

Методика информатизации мониторинга этапов жизненного цикла продукции наукоемкого производства на базе цифровых двойников, разработанная в данном диссертационном исследовании, выступает обобщающим научным результатом к выше представленным моделям и методике. Суть данной методики в систематизации применения всех описанных методологических средств при моделировании информационно-мониторинговых сетей для продукции наукоемкого приборостроения, в интересах мониторинга реализации этапов её жизненного цикла, а как следствие, в повышение уровня производственной деятельности приборостроительных предприятий за счет применения и совершенствования рассматриваемых сетей.

При организации и управлении структурой (конфигурацией) информационно-мониторинговых сетей важна не только продуманная, эффективная структурная топология инфотелекоммуникационной основы и применяемого прикладного программного обеспечения, но и результативная организация информационного обеспечения процессов эксплуатации продукции наукоемкого приборостроения. Такая организация в программно-техническом плане на практике сводится к обоснованию оптимальной структуры сбора и хранения данных, их обобщения, а также определению рациональной физической и логической модели обрабатываемых прикладных данных.

В условиях доминирования объектно-ориентированного подхода в разработке программно-информационных систем, получила широкое распространение такая логическая модель представления и систематизированного сбора, накопления и обработки данных по объектам моделирования, как «цифровой двойник». Общая концепция этой логической модели для представления и обработки данных описана в [155, 156]. Сегодня конкретизированные модели цифровых двойников уже нашли широкое применение для таких объектов как дорогостоящие производственные линии, определенные

типизированные объекты транспорта и пр. Однако, в рамках данного диссертационного исследования возникла необходимость обоснования модели структуры данных цифрового двойника не конкретного вида продукции наукоемкого приборостроения, а процесса его длительной эксплуатации, т.е. процесса всего жизненного цикла.

В частности, в ходе диссертационного исследования было проконстатировано, что в современных условиях предприятия наукоемкого приборостроения выступают не только разработчиками, изготовителями высоко сложной продукции наукоемкой техники, но и фактически участвуют в поддержании эксплуатационной готовности на всех этапах её жизненного цикла. При этом предприятия-изготовители объективно накапливают данные о фактической реализации жизненного цикла указанной продукции. Учитывая реализуемую сегодня политику цифровизации экономики, накапливаемые данные по фактической реализации такого жизненного цикла нуждаются в системном упорядочении и комплексировании, что осуществляется в рамках соответствующей модели рационального формата представления данных по эксплуатации и фактической реализации жизненного цикла каждой единицы продукции наукоемкого приборостроения, понимаемой как «цифровой двойник жизненного цикла». Так существующие дорогостоящие изделия на базе комплексирования вычислительной техники, средств телекоммуникаций и пространственно-зондирующей аппаратуры во многом являются уникальными образцами наукоемкого приборостроения. В силу указанного факта предприятия-изготовители в ходе участия в мероприятиях по поддержанию их эксплуатационно-технической готовности вынуждены накапливать данные о реализации жизненного цикла таких изделий. Создаваемая таким образом, структурированная по изделиям (единицам продукции) база данных о возникших неисправностях, мероприятиях технического обслуживания, восстановительных ремонтах и пр. представляет собой результативную информационную основу для формирования политики предприятий наукоемкого приборостроения как в области качества реализации сервисных услуг гаран-

тийного и постгарантийного обслуживания поставляемой аппаратуры, так и в области обеспечения высокого качества создаваемых образцов указанной продукции. Существо, принципы и инфраструктурная основа формирования такой политики исследованы и представлены в [157-164]. Также при проведении диссертационного исследования было констатировано, что в рамках реализации государственной политики цифровизации экономики и цифровой трансформации общества в РФ необходимы комплексное упорядочение и систематизация указанной информационной основы. Это позволяет качественно усовершенствовать сервисное и техническое обслуживание рассматриваемой продукции наукоемкого приборостроения, повысить результативность авторского надзора за их программным обеспечением и пр. за счет обеспечения роста эффективности и адекватности процессов управления при распределении усилий предприятий приборостроения по техническому обслуживанию и ремонту эксплуатируемой дорогостоящей, наукоемкой аппаратуры на поздних этапах жизненного цикла. Накопленные и системно упорядоченные данные по отказам узлов и элементов, проведенным мероприятиям технического обслуживания, восстановительным ремонтам, заменам и внесенным конструктивным изменениям в своей совокупности позволяют сформировать т.н. «цифровой двойник жизненного цикла» для продукции наукоемкого приборостроения [249].

Цифровой двойник жизненного цикла единицы продукции наукоемкого приборостроения – это виртуальная (цифровая, информационная) копия или модель процесса эксплуатации указанной единицы продукции на протяжении всех этапов её жизненного цикла, позволяющий осуществлять информационно-компетентностную поддержку, анализ, манипулирование эффективностью, а в конечном итоге, оптимизацию самого процесса эксплуатации. При этом не следует путать понятия «цифровой двойник жизненного цикла продукции» и «цифровой двойник самой продукции»: первое понятие отражает именно процесс эксплуатации единиц продукции высокотехнологичной техники, в то время, второе понятие – это цифровая копия, предусматриваю-

щая отражение вопросов конструктивного устройства, функциональности и применения искомой единицы продукции наукоемкого приборостроения. Соответственно, содержательное наполнение и структура данных цифровых двойников указанных категорий будет разное.

Ориентация на системное накопление данных по особенностям текущей эксплуатации продукции отечественного наукоемкого приборостроения за счет реализации и использования специализированной инфотелекоммуникационной инфраструктуры, а именно соответствующей информационно-мониторинговой сети для указанной продукции, раскрыто в главе 1 данной работы. Развитие информационной модели для цифровых двойников жизненного цикла продукции отечественного наукоемкого приборостроения позволяет добиться функционального упорядочения и интеграции описываемых данных. Её научно-методический характер определяется фактором приоритетного накопления данных необходимых для анализа и улучшения качества эксплуатируемой продукции наукоемкого приборостроения и процессов их технического обслуживания по соответствующим показателям и критериям. Именно поэтому предлагаемая модель цифрового двойника жизненного цикла указанной продукции сведена в работе к обоснованию рациональных структуры данных по эксплуатации указанных изделий (единиц продукции) и формата их формализованного представления. При этом жизненный цикл единицы продукции понимается как совокупность явлений и процессов, повторяющаяся с периодичностью, определяемой временем существования типовой конструкции продукции от её замысла до утилизации или конкретного экземпляра продукции, от момента завершения его производства до утилизации [249]. Реализация на практике указанной взаимосвязанной совокупности явлений и процессов создания, эксплуатации, применения по назначению, ремонта и утилизации всех единиц продукции наукоемкого приборостроения, позволяет логически строго выделить такую нормативную категорию как «Жизненный цикл продукции наукоемкого приборостроения». Очевидно, что под такую категорию попадают вопросы эксплуатации, поддержания

технической готовности и ремонта всех видов специализированных приборных систем и комплексов.

Традиционно данные о реализации и специфике протекания жизненного цикла каждой из единиц продукции наукоемкого приборостроения находили свое отражение в таких обязательных организационно-технических документах как: формуляр изделия, журнал эксплуатации, отчеты по эксплуатации радиоэлектронных средств и пр. В различных ведомствах состав и содержательное структурирование таких документов разное. Однако, накопление, систематизация и обобщение указанных данных осуществлялось на периодической основе, в рамках традиционной схемы бумажного документооборота между соответствующими эксплуатирующими организациями, институтами проектно-научного сопровождения и органами государственного управления. В современных условиях, когда органы государственного управления предпринимают последовательные шаги к совершенствованию существующей системы эксплуатации дорогостоящей аппаратной продукции и переводу информационно-распорядительного взаимодействия в рамках этой системы на цифровые основы, предприятия приборостроения создают соответствующие организационные структуры, ориентированные именно на техническое обслуживание и авторский надзор продукции на протяжении всего её жизненного цикла; разворачивают соответствующую инфотелекоммуникационную инфраструктуру в виде информационно-мониторинговых сетей продукции наукоемкого приборостроения [157-164, 249,250].

Согласно существующей и активно развиваемой нормативной и нормативно-технической базы, например [62-88], организации процессов планирования, обеспечения и реализации процессов эксплуатации и технического обслуживания радиоэлектронных средств и систем наукоемкого приборостроения, а именно информационно-мониторинговые сети указанной продукции, выступают институциональным центром накопления, интеграции и обобщения данных по реализации жизненного цикла каждой из единиц продукции. Такой институциональный центр накопления данных по эксплуатации доро-

гостоящей техники выступит основой для координации усилий сервисных и обслуживающих организаций, обоснования решений по распределению ассигнований на поддержание технической готовности указанной техники, а также для ретроспективного анализа эффективности принимаемых усилий по совершенствованию самой организационно-технической системы эксплуатации радиоэлектронных средств и систем наукоемкого приборостроения. Обобщение данных по отказам и неисправностям различных схем, блоков и узлов, поставляемых во все отрасли экономики страны аппаратных комплексов, позволяет актуализировать исходные данные для конструирования новой и усовершенствования существующей техники, в рамках соответствующего диагностического подхода, описанного в [161,163,249]. Необходимость учета алгоритмической специфики указанного обобщения объективно требует обоснования рациональной логической структуры данных для представления цифровой информации по реализации жизненного цикла каждого из видов продукции наукоемкого приборостроения.

Логическая (инфологическая) схема представления данных по протеканию жизненного цикла продукции наукоемкого приборостроения есть конструктив предлагаемой методики информатизации с использованием цифровых двойников такого цикла. Рациональный характер такой схемы данных определяется соответствием сложившимся подходам к традиционному структурированию описанию процессов проектирования, изготовления, эксплуатации, ремонта и утилизации продукции наукоемкого приборостроения, а также результатами первичной натурной апробации предварительных программных разработок соответствующих цифровых двойников жизненного цикла. Также рациональный характер указанной схемы данных был обоснован путем сравнения её с альтернативами, полученными на всем множестве вариантов их возможных схем прикладных данных, базирующихся на онтологических моделях сложных структур данных, что детально описано и представлено в пп.3.2.2. этой работы. Разработанная и обоснованная, что показано в пп.3.2.2., в ходе диссертационного исследования логическая схема

данных по жизненному циклу продукции наукоемкого приборостроения показана на Рисунке 3.2.1. На уровне программной реализации представляемая схема данных реализуется в рамках соответствующей онтологии для распределенной базы данных информационно-мониторинговой сети продукции наукоемкого приборостроения. Предлагаемое инфологическое структурирование в виде схемы данных создает основу не только для системных интеграции и слияния данных по эксплуатации продукции наукоемкого приборостроения, но и для полноценного применения современного инструментария интеллектуального анализа данных, реализующего технологии таких перспективных, но доказавших свою актуальность научных направлений современной информатики как Big Data и Data Mining. Обобщение и систематизация данных как по жизненному циклу каждой единицы продукции наукоемкого приборостроения, так и по группам однотипных видов продукции создает эмпирическую базу данных для выявления «слабых мест» в надежности примененных схемотехнических решений, обоснования рациональных состава и количества ЗИП для каждого типа продукции, а также для определения проверенных практикой приемов диагностики и поддержания работоспособности рассматриваемой продукции в условиях практической эксплуатации и прикладного применения по назначению.

Разработанная логическая (инфологическая) схема «цифрового двойника жизненного цикла», т.е. схема формата представления данных по протеканию жизненного цикла продукции наукоемкого приборостроения представляет собой базовую основу создания единой информационной платформы (распределенной, с мультидоступом базы данных ведения в реальном масштабе времени процессов эксплуатации, ремонта и утилизации единиц продукции, произведенных и сопровождаемых предприятием наукоемкого приборостроения). Далее цифровые двойники жизненных циклов контролируемых (сопровождаемых) единиц продукции экстенсивно накапливаются в рамках физической модели структурированной базы данных информационно-мониторинговой сети, на соответствующих серверах баз данных.

Данные по жизненному циклу продукции наукоемкого приборостроения



Рисунок 3.2.1.- Логическая схема данных по жизненному циклу продукции наукоемкого приборостроения

Представленная на Рисунке 3.2.1. логическая схема данных является достаточно обобщенной и показывает только самые верхние уровни декомпозиции основных классов и подклассов цифрового двойника жизненного цикла продукции наукоемкого приборостроения. При практической реализации она детализируется до конкретных типов записей, экземпляров классов, значений информационных полей и пр. Приведенное представление на физическом уровне реализуется в рамках соответствующей модели базы данных, что позволяет в дальнейшем осуществлять обработку, обобщение и слияние информации по определенным аспектам эксплуатации и восстановления технической готовности соответствующих групп единиц продукции наукоемкого приборостроения. (Например, устанавливать необходимый объем и номенклатуру пополнения ЗИП единиц продукции, установленных на базах обслуживания)

Возможности по интеграции и слиянию информации цифровых двойников жизненного цикла конкретных единиц продукции наукоемкого приборостроения определяются и достигаются за счет широкого применения соответствующих служебных (т.н. префиксных) данных в рамках предлагаемой методики на физическом уровне её представления. Использование таких данных позволяет значительно расширить и рационализировать возможности по интеграции различных данных как из различных массивов в составе одного цифрового двойника жизненного цикла конкретной единицы продукции, так и по слиянию данных из соответствующих полей, записей по произвольному ряду указанных цифровых двойников.

В ходе диссертационного исследования реализован частный апробационный пример возможностей интеграции данных с использованием префиксной информации. Существо этой апробации пояснено на Рисунке 3.2.2. Этот пример наглядно показывает, что наличие данных об установлении функциональной связи между полями различных таблиц в базе данных позволяет эффективно учитывать весь необходимый объем работ, операций необходимых для восстановления работоспособности продукции наукоемкого приборостроения.

Записи таблицы <ИЗДЕЛИЕ №.....>			Записи таблицы <РЕМОНТНЫЕ РАБОТЫ>		
БН	Отказавший блок (ТЭЗ)			БН	Код ремонтной операции
K549	СНДА.506480.001.2	...		K549	01
K549	СНДА.506480.002.2
K549	СНДА.506410.001.1	...		K549	02
					..
			Поле связи		

Рисунок 3.2.2.- Пример функционального связывания записей в рамках цифрового двойника

Интеграция данных в рамках цифрового двойника жизненного цикла конкретного образца приборной техники позволяет не только получить сводные оценки по техническому состоянию текущего изделия, обоснованно спланировать требуемые объемы ремонтно-восстановительных работ и пополнения ЗИП, хронологизировать весь ход применения и эксплуатации продукции, и пр., но и осуществлять определенное прогнозирование его состояния, компетентно поддерживать процесс поиска неисправностей, систематизировать данные по изменению характеристик этой единицы продукции. Слияние данных по критериально определенному множеству цифровых двойников жизненного цикла образцов указанных единиц продукции позволяет добиться выявления устойчивых тенденций в организации процесса поддержания технической готовности, конструктивных недостатков всей серии продукции, а также особенностей её функционирования в различных условиях эксплуатации, практического применения по назначению и технического обслуживания [250].

Возможности по формированию и совершенствованию цифровых двойников жизненного цикла продукции наукоемкого приборостроения, а также по интеграции и слиянию данных на базе указанных цифровых двойников были смоделированы и оценены в процессе реализации апробационного примера. Апробация была проведена применительно к неполной, абстрактной реализации цифрового двойника жизненного цикла такого изделия авионики, как бортовой

всепогодный радиолокационный комплекс навигации и посадки. Указанная апробация осуществлена на базе универсальной СУБД MS' Access. Реализованная схема данных и основные рабочие окна, использовавшиеся для манипулирования данными в рамках апробации показаны на Рисунке 3.2.3.

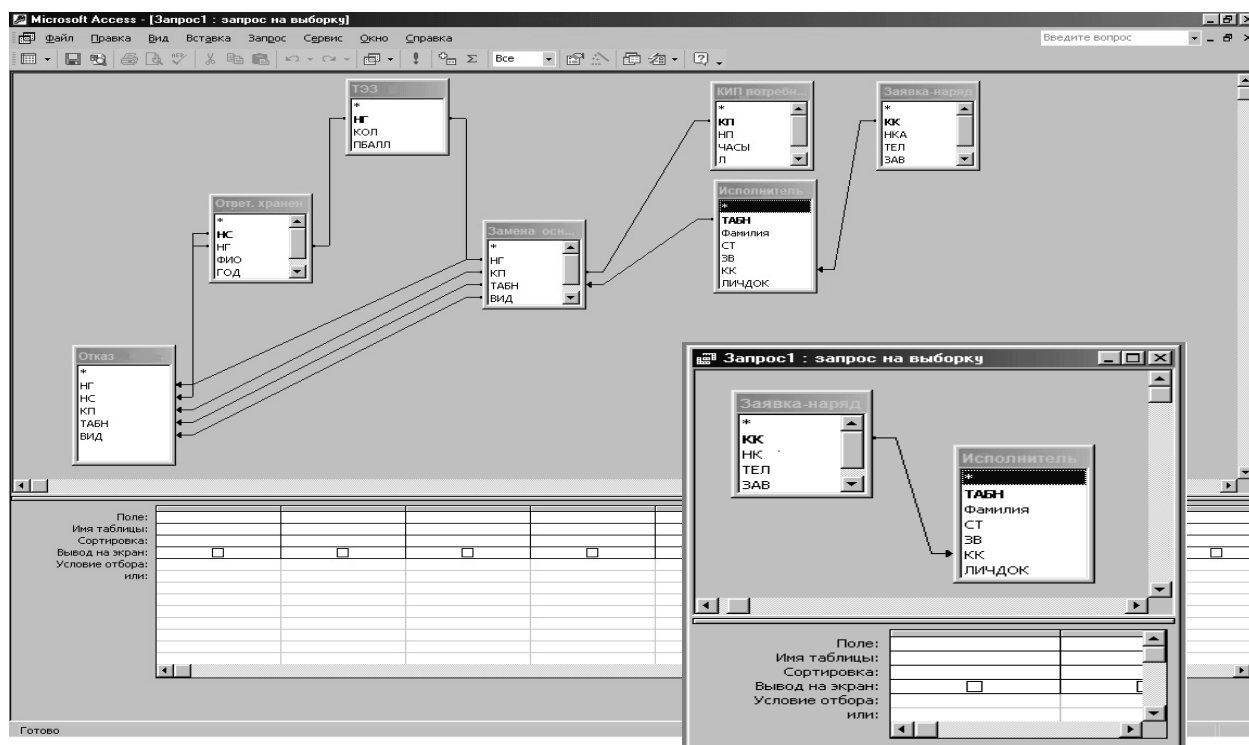


Рисунок 3.2.3. - Апробация модели цифрового двойника на базе СУБД MS' Access

Результаты проведенной апробации на указанном примере позволили сделать вывод о программной реализуемости и работоспособности предлагаемой в рамках разработанной методики концепции цифрового двойника жизненного цикла продукции наукоемкого приборостроения. Выдвижение и активное продвижение методики информатизации мониторинга этапов жизненного цикла продукции наукоемкого производства на базе цифровых двойников является отражением широкой тенденции современного приборостроения на всестороннюю цифровизацию всех аспектов разработки, создания, эксплуатации и утилизации дорогостоящих образцов наукоемкой техники [250]. Активное развитие инфраструктуры предприятий отечественного приборостроения по предоставлению услуг поддержания технической готовности различных видов

радиоэлектронной (в т.ч. вычислительной) техники в пунктах размещения объективно стимулирует создание соответствующих информационных технологий по планированию, обеспечению и учету таких услуг. Именно к таким информационным технологиям следует отнести работы по созданию, развертыванию и ведению распределенных баз данных цифровых двойников жизненного цикла продукции наукоемкого приборостроения на платформе соответствующих информационно-мониторинговых сетей. Дальнейшее совершенствование указанных баз и информационной технологии позволит добиться качественного роста в применении современных, высоко эффективных методов и форм эксплуатации всех видов продукции отечественного наукоемкого приборостроения.

Предложенные понятие и инфологическая структура цифрового двойника жизненного цикла продукции наукоемкого приборостроения в ходе диссертационного исследования объективно потребовали обоснования своей рациональности на всем множестве вариантов их возможных схем прикладных данных, базирующихся на онтологических моделях сложных структур данных. Указанное обоснование было проведено с использованием метода качественно-количественного оценивания. Его результаты описаны в пп. 3.2.2.

3.2.2. Обоснование логической схемы данных по жизненному циклу продукции (инфологической структуры цифрового двойника)

Указанное обоснование в рамках диссертационного исследования проведено путем качественно-количественного анализа предлагаемого научно-технического решения по формированию единой распределенной базы данных по ходу эксплуатации продукции наукоемкого приборостроения на основе цифровых двойников их жизненного цикла в сравнении с альтернативными решениями над множеством требований, предъявляемых к таким решениям.

На основании изучения и анализа результатов исследований и научных работ [18,34,58,65,71,94,95,99,112,119,125,154] сформировано следующее поле

специфических требований объективно предъявляемых к современным информационно-техническим решениям по формированию единой распределенной БД по ходу эксплуатации продукции наукоемкого приборостроения на базе соответствующих информационно-мониторинговых сетей. К указанным требованиям, которые условно разбиты на классы и конкретизирующие подклассы, отнесены:

- А. Класс требований к структурной связности и идентифицируемости данных:
 - А.1. Требования адекватности логической модели представления данных свойствам и особенностям предмета представления;
 - А.2. Требования универсальности отношений связывания данных в рамках логической модели данных;
 - А.3. Требования изоморфности логической и физической моделей структур данных в интегрированной базе данных;
 - А.4. Требования обеспечения непротиворечивости и связности данных.
- Б. Класс требований по обеспечению гармонизации, интеграции и возможности слияния данных:
 - Б.1. Требования к универсальности входных форматов данных от источников информации;
 - Б.2. Требования к системному единству программных утилит приведения входных данных к форматам единой БД ИМС;
 - Б.3. Требования к программно-архитектурной целостности организации серверов хранения данных.
- В. Класс требований к организации системы управления распределенными базами данных в ИМС:
 - В.1. Требования к архитектуре распределения объектно-ориентированных данных о предметной области на серверах хранения данных;
 - В.2. Требования к пулу программно-информационных интерфейсов масивов хранения данных в БД;

В.3. Требования к физической модели получения, систематизации, хранения и выдачи данных потребителю

Г. Класс требований по обеспечению безопасности информации:

Г.1. Требования к целостности и поддержанию логической корректности данных;

Г.2. Требования к обеспечению недопустимости не декларированных возможностей.

В ходе диссертационного исследования была проведена и более глубокая детализация указанных классов и подклассов требований, однако этот материал не включен в состав данной работы в силу его не представительности и перегрузки малозначимыми деталями исследования.

Аналогично на основании всестороннего изучения работ [35, 100 101, 104,141,147,163,183,184,199,247] определены альтернативные к разработанным варианты современных информационно-технических решений по формированию единой распределенной БД по ходу эксплуатации продукции наукоемкого приборостроения на базе соответствующих информационно-мониторинговых сетей:

- I. реляционная база данных с табличной (двумерной) формой представления данных по всей совокупности мониторируемых единиц продукции;
- II. объектно-ориентированная база данных с иерархической моделью представления прикладной предметной области;
- III. распределенная функциональная база данных на основе объектно-реляционной модели представления предметной области;
- IV. централизованная функциональная база данных со сложной онтологией структур данных.

Соответственно, пятым вариантом (V.) выступает вышеописанная схема данных, базирующаяся на использовании цифровых двойников жизненного цикла продукции наукоемкого приборостроения.

Таким образом, исходный массив экспертной информации представим в виде матрицы

$$P_m = \begin{pmatrix} P_{11} & \cdots & P_{1m} \\ \dots & \dots & \dots \\ P_{k1} & \cdots & P_{km} \end{pmatrix} \quad (3.2.1)$$

где:

- $\{1 \dots m\}$ – столбцы- выявленные требования к современным информационно-техническим решениям по формированию единой распределенной БД по ходу эксплуатации продукции наукоемкого приборостроения на базе соответствующих информационно-мониторинговых сетей;

- $\{1 \dots k\}$ – строки - варианты информационно-технических решений по формированию указанных БД, включая схему и структуры данных на базе цифровых двойников.

Указанный массив вида (3.2.1) заполняется значениями показателя p соответствия тех или иных информационно-технических, программно-информационных и пр. решений предъявляемым требованиям к таковым решениям. Этот показатель определен на простом множестве значений бинарного характера

$$p \in \{0,1\} \quad (3.2.2)$$

Соответственно, он принимает одно из двух значений в соответствии со следующим предикатным правилом:

$$p_{ij} = B_{ij} G_i S_j \quad (3.2.3)$$

где: B_{ij} - предикатная функция, определяемая соответствием j -му требованию i -го информационно-технического или программно-информационного решения;

G_i - предикатная функция, определяемая ограниченностью i -го информационно-технического или программно-информационного решения к применению в информационно-мониторинговых сетях продукции наукоемкого приборостроения;

S_j - предикатная функция, определяемая уровнем представительности результатов анализа реализуемости j -го требования при текущем уровне разработки и проектирования информационно-мониторинговой сети.

Тогда уровень соответствия всей гамме требований объективно предъявляемых к современным информационно-техническим решениям по формированию единой распределенной БД по ходу эксплуатации продукции наукоемкого приборостроения на базе соответствующих информационно-мониторинговых сетей j -го программно-технического (информационно-программного) решения выводится путем суммирования:

$$P_j = \sum_{i=1}^K p_{ij} \quad (3.2.4)$$

где: K - общее число предъявленных требований.

Уровень удовлетворения i -го требования из числа предъявляемых к современным информационно-техническим решениям по формированию единой распределенной БД по ходу эксплуатации продукции наукоемкого приборостроения на базе соответствующих информационно-мониторинговых сетей по всей совокупности рассматриваемых вариантов таких решений выводится путем суммирования:

$$P_i = \sum_{j=1}^M p_{ij} \quad (3.2.5)$$

где: M - сводное количество вариантов информационно-технических решений по формированию указанных БД, включая схему и структуры данных на базе цифровых двойников.

Проведенное в ходе диссертационного исследования экспертиза позволила конкретизировать значения матрицы (3.2.1), с учетом того, что строки этой матрицы соответствуют рассматриваемым вариантам информационно-технических решений, а столбцы – выявленным ранее специфическим требованиям:

$$P_m = \begin{bmatrix} & A.1 & A.2 & A.3 & A.4 & B.1 & B.2 & B.3 & B.1 & B.2 & B.3 & \Gamma.1 & \Gamma.2 \\ I & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ II & 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 \\ III & 1 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ IV & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ V & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \end{pmatrix} \quad (3.2.6)$$

В силу объективно малого числа кандидатов в эксперты по объекту и предмету данного частного исследования-обоснования значения в (3.2.6) не подвергались анализу на статистическую значимость.

Вместе с тем, результаты обработки матрицы (3.2.6) согласно (3.2.4) позволил сделать убедительный вывод о том, что именно предлагаемое научно-техническое решение по формированию единой распределенной базы данных по ходу эксплуатации продукции наукоемкого приборостроения на основе цифровых двойников их жизненного цикла (вариант V.) удовлетворяет всей гамме специфических требований, предъявляемых к БД указанного типа и вида. Этот факт послужил основанием, для признания такого технического решения в качестве рационального для построения и продвижения соответствующей методики информатизации мониторинга этапов жизненного цикла продукции наукоемкого производства на базе цифровых двойников.

3.2.3. Алгоритм информатизации мониторинга этапов жизненного цикла продукции наукоемкого производства на базе цифровых двойников

В силу того, что методика информатизации мониторинга этапов жизненного цикла продукции наукоемкого производства на базе цифровых двойников носит интеграционный характер для предыдущих трех научных результатов диссертационного исследования, то её алгоритм обобщает все ранее представленные расчетные процедуры и подалгоритмы. На Рисунке 3.2.4. представлен обобщенный алгоритм информатизации мониторинга этапов жизненного цикла продукции наукоемкого производства на базе цифровых двойников, который далее детализируется подалгоритмами разработанных моделей и методики.

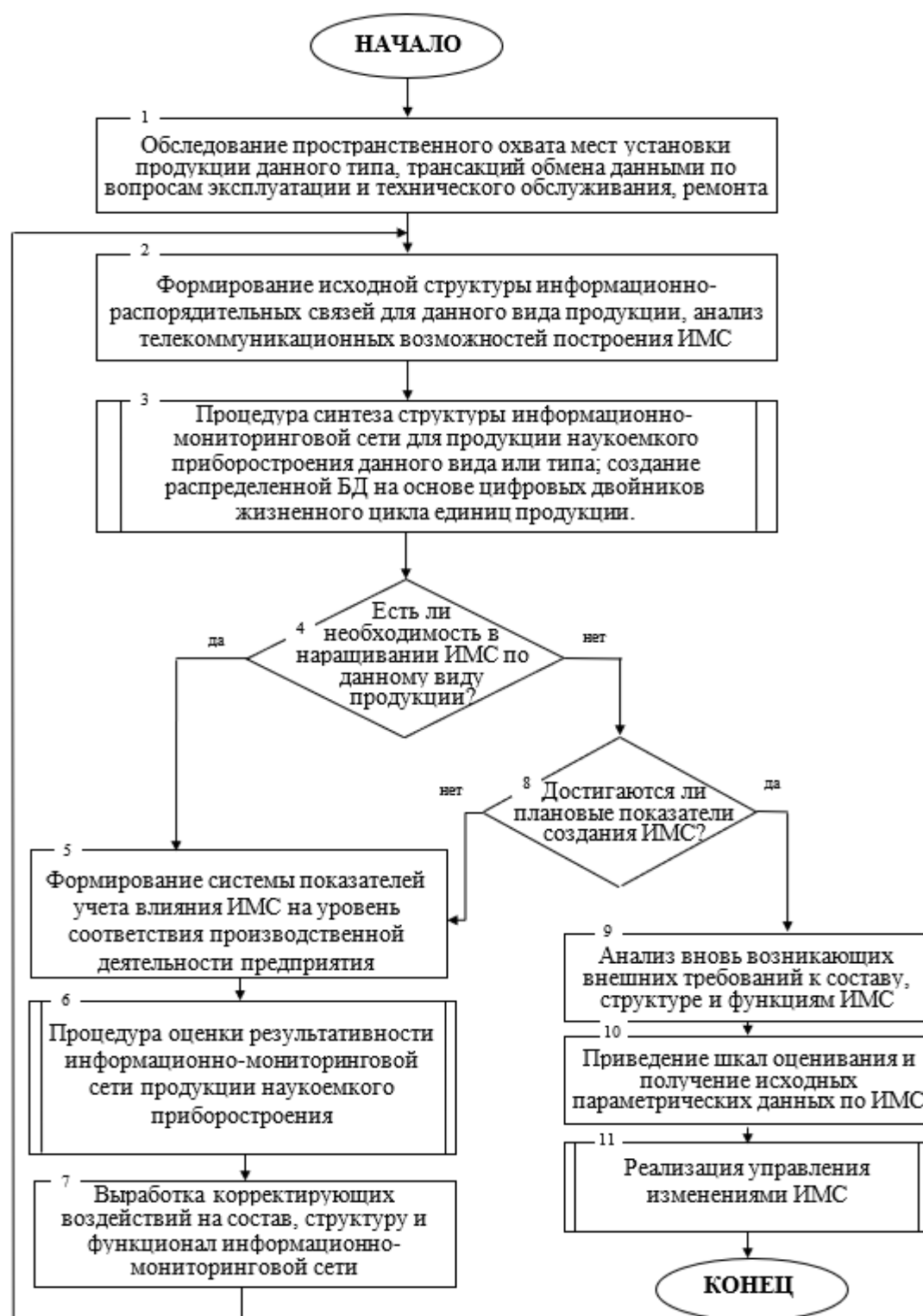


Рисунок 3.2.4. –Алгоритм информатизации мониторинга этапов жизненного цикла продукции наукоемкого производства на базе цифровых двойников

Выделенные, согласно нотации блок-схем алгоритмов, на Рисунке 3.2.4. процедуры на практике конкретизируются соответствующими одноименными моделями. В частности, алгоритм процедуры синтеза структуры информационно-

мониторинговой сети для продукции наукоемкого приборостроения данного вида или типа, создания распределенной БД на основе цифровых двойников жизненного цикла продукции показан на Рисунке 3.2.5.

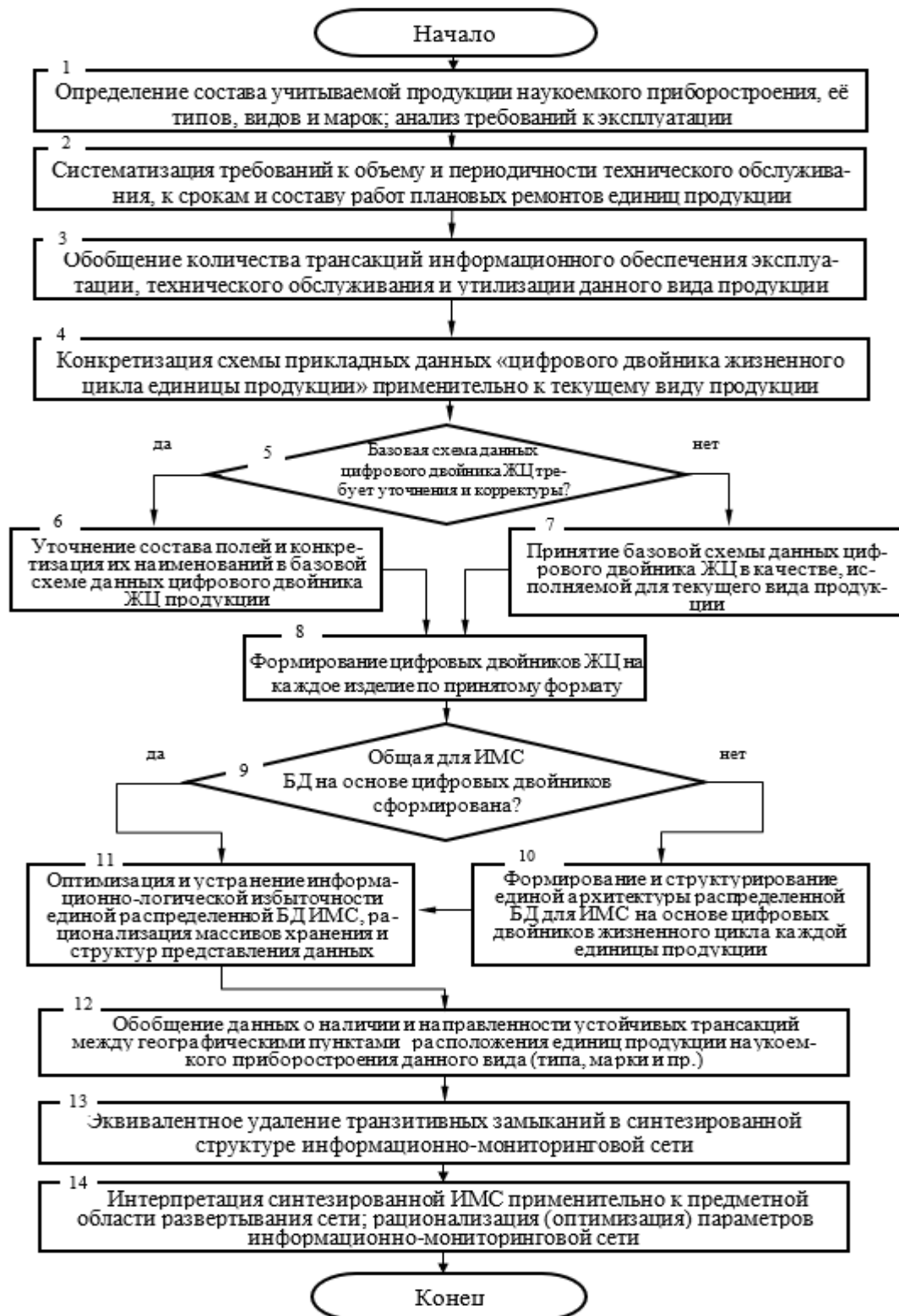


Рисунок 3.2.5. – Алгоритм процедуры синтеза структуры ИМС и создания распределенной БД на базе цифровых двойников

Соответственно, разработанный детализирующий подалгоритм обобщенного алгоритма – алгоритм процедуры оценки результативности информационно-мониторинговой сети продукции наукоемкого приборостроения показан на Рисунке 3.2.6.

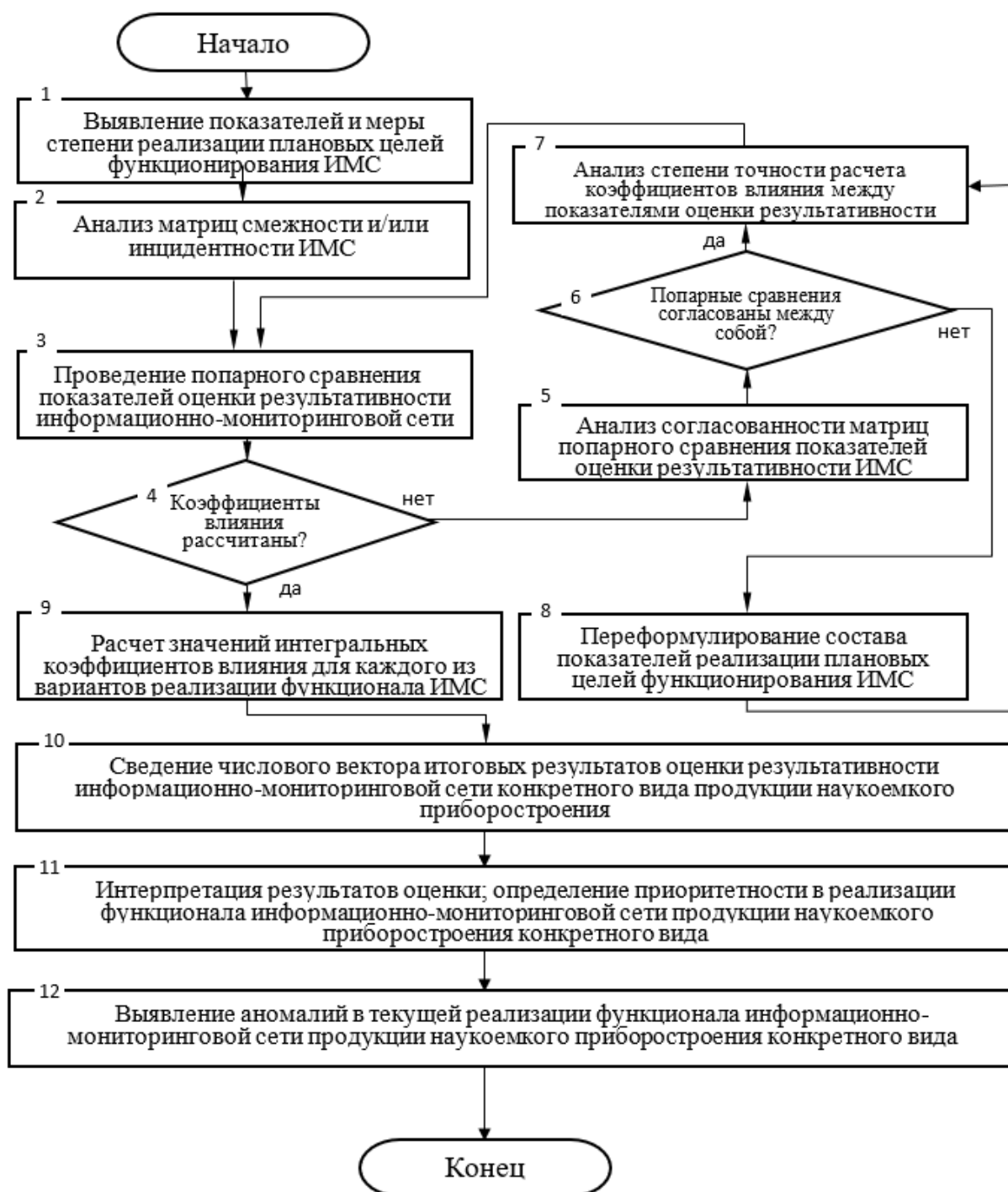


Рисунок 3.2.6. – Алгоритм процедуры оценки результативности информационно-мониторинговой сети продукции наукоемкого приборостроения

Процедура реализации управления изменениями ИМС выполняется согласно алгоритму одноименной методики, показанного на Рисунке 3.1.10.

Таким образом, алгоритм методики информатизации мониторинга этапов жизненного цикла продукции наукоемкого производства на базе цифровых двойников разработан как обобщающий порядок действий по комплексному применению всех разработанных научных результатов данного диссертационного исследования, а затем он детализирован соответствующими алгоритмами частных процедур. Практическая апробация и модельные программные проработки, выполненные автором в ходе диссертационного исследования, показали программно-информационную и организационную реализуемость предлагаемых алгоритмических решений. Этот факт подтвердил практическую значимость выполненных разработок, а также теоретическую значимость избранного в исследовании подхода к рассмотрению путей повышения уровня производственной деятельности (производственных процессов) предприятий наукоемкого приборостроения за счет применения и совершенствования соответствующих информационно-мониторинговых сетей, как средств мониторинга реализации этапов жизненного цикла выпускаемых приборов.

3.3. Оценка эффективности результатов исследования

3.3.1. Логическая схема и реализация диссертационного эксперимента

Диссертационный эксперимент по оценке эффективности научных результатов исследования проведен как сравнение результатов имитационного моделирования производственной деятельности (совокупности производственных процессов) предприятий наукоемкого приборостроения с использованием разработанного научно-методического инструментария и без такового. При этом автор исходил из понимания того, что, согласно принципу и определению Колмогорова А.Н., эффективность исследования – это степень достижения цели такого исследования. Целью данного диссертационного исследования являлось повышение уровня производственной деятельности (производственных процессов) предприятий наукоемкого приборостроения за счет применения и совершенствования соответствующих информационно-мониторинговых сетей, как средств мониторинга реализации этапов жизненного цикла выпускаемых приборов. Именно этот факт определил следующую логическую схему диссертационного эксперимента, графически представленную на Рисунке 3.3.1.

Суть представленной логической схемы диссертационного эксперимента сводится к разработке на базе такого раздела исследования операций - математической теории игр (т.н. «игры с природой») двух имитационно-статистических моделей влияния информационно-мониторинговых сетей продукции наукоемкого производства, как средств мониторинга реализации этапов жизненного цикла выпускаемых приборов, на уровень производственной деятельности соответствующих предприятий. При этом в рамках схемы процесс взаимодействия предприятия наукоемкого приборостроения и потребителя его продукции рассмотрен как «игра с природой», с полной информацией. Ценой такой игры выступает значение прибыльности деятельности предприятия, стратегиями предприятия – конфигурация и состав соответствующей ИМС, а стра-

тегиями потребителя («природы») случайным образом актуализируемые тенденции в предметной области работ.

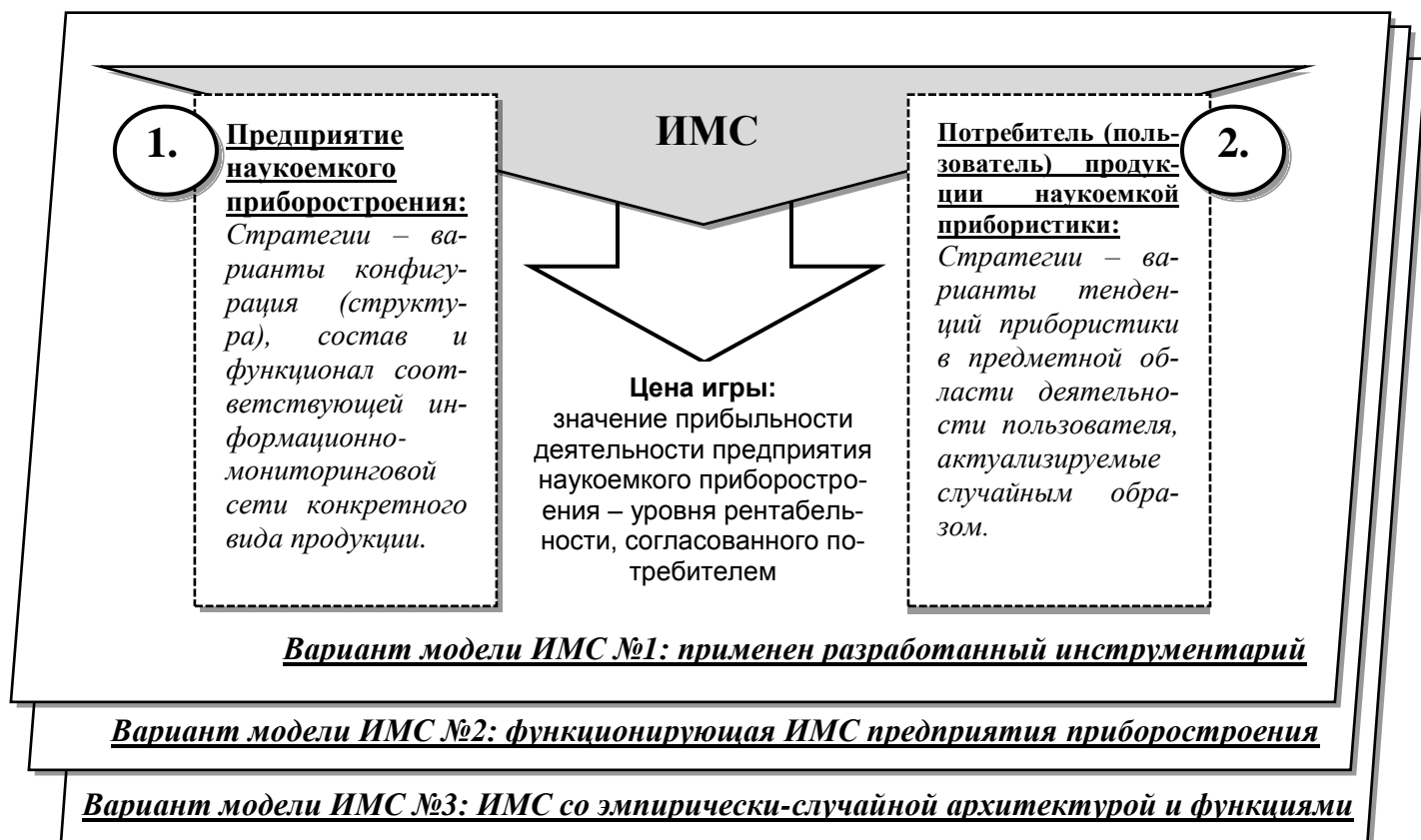


Рисунок 3.3.1. – Логическая схема имитационной игровой модели диссертационного эксперимента

Представленная логическая схема имитационной игровой модели диссертационного эксперимента была реализована применительно к трем альтернативным вариантам информационно-мониторинговой сети, с одинаковыми характеристиками состава, пространственного охвата и предусмотренного функционала:

1) ИМС сформированная и рационализированная с использованием разработанного в данной диссертационной работе научно-методического инструментария проектирования и формирования информационно-мониторинговых сетей для продукции наукоемкого приборостроения, как средств мониторинга реализации основных и поздних этапов жизненного цикла единиц указанной продукции;

- 2) ИМС сопровождения в эксплуатации изделий АО «Концерн «ОКЕАНПРИБОР», реально развернутая и функционирующая с 2018г;
- 3) ИМС, синтезированная с эмпирически-случайным характером архитектуры и набором воплощенного функционала.

Единичным испытанием вычислительно-статистического эксперимента выступает разовый розыгрыш игры. Для каждого из альтернативных вариантов ИМС проведено статистически значимое число розыгрышей, которое определялось согласно требованиям [84]. Это позволило получить статистически значимые (устойчивые) выводы из диссертационного эксперимента.

Оценка эффективности различных вариантов реализации ИМС и ее влияния на уровень производственной деятельности (производственных процессов) предприятий наукоемкого приборостроения проводится путем сравнения суммарной осредненной цены игры, по каждому из вариантов. Очевидно, что если ИМС позволяет добиться предприятию наукоемкого приборостроения более весомой «обратной связи» с потребителем (пользователем) его продукции, лучше и оперативней учесть случайно меняющиеся тенденции в предметной области прибористики этого пользователя, то тем результативнее и эффективнее такая сеть. При этом производится ансамбль реализаций, который позволяет оценить разностный эффект с заданным уровнем статистической устойчивости (значимости).

Краткое описание частной методики проведения указанной оценки:

i.1.) Производится последовательное моделирование и многократный предварительный розыгрыш единичных испытаний-игр для каждого из трех вариантов моделей ИМС;

i.2.) Производится оценка достаточности объема контрольной выборки данных для обеспечения требуемо низких уровней риска и требуемой доверительной вероятности к оценкам суммарной осредненной цены игры, по каждому из вариантов. Каждый элемент набора из контрольной выборки рассматривается как единичное испытание статистического эксперимента, а их суммар-

ное число - как общее число N одиночных испытаний (наблюдений) в рамках такого эксперимента.

Также анализируется приемлемость текущих рисков принятия итоговых решений для каждого варианта ИМС в вычислительном эксперименте (единичном экспериментальном исследовании):

α - риск некорректного принятия наблюдаемого значения, результата испытания;

β - риска некорректного отклонения при необходимости принятия наблюдаемого значения.

Априори (первоначально) для рассмотрения достаточности объема контрольной выборки данных принимается соотношение [84]

$$\alpha = \beta = 0,1 \text{ (10\%)} \quad (3.3.1)$$

По указанному числу N , равному числу элементов контрольной выборки, и априорно принятому значению рисков из (9) осуществляется вход в Таблицу 2 из [84] (Значения объема испытаний с обеспечиваемой доверительной вероятностью результатов экспериментальных исследований). Выходным данным из указанной Таблицы 2 в [84] будет значение доверительной вероятности P_α , которую обеспечивает текущая контрольная выборка.

В случае, если значения P_α , α , β , соответствующие текущему значению выборки N не удовлетворяют внешним условиям экспериментирования, то необходимо осуществить вход в Таблицу 2 из [84] по требуемым (необходимым и достаточным по внешним для эксперимента требованиям) выше указанным параметрам и выбрать численное значение числа разовых испытаний N , такое, которое их обеспечит.

После указанных манипуляций необходимо нарастить мощность контрольной выборки разовых испытаний до полученного числа N .

В рамках диссертационного эксперимента по оценке результативности ИМС приемлемыми внешним условиям экспериментирования были приняты:

$$\alpha = \beta = 0,1 ; P_\alpha = 0,91 \quad (3.3.2)$$

i.3.) Производится последовательная многократное дополнительное моделирование и многократный предварительный розыгрыш единичных испытаний-игр для каждого из трех вариантов моделей ИМС с обеспечением роста числа испытаний контрольной выборки до N -го размера. При этом с использованием технических средств процессора регистрируется цена игры по каждому единичному элементу набора контрольной выборки в общем объеме N испытаний. Точность такой регистрации считается приемлемой, если каждое единичное испытание градуировано так, что цена игры при его реализации гарантировано идентифицируется на общем фоне ансамбля статистической реализации.

i.4.) Каждый ансамбль реализации на модели игры для каждого из 3-х экспериментальных вариантов ИМС, получаемый согласно п. i.3) накапливается и представляется в виде соответствующей гистограммы, у которой:

- по оси абсцисс – индекс каждой статистической реализации (исполнения) игры по конкретному варианту ИМС;

- по оси ординат - регистрируемое значение цены игры по статистической реализации (исполнения) модели ИМС по конкретному варианту из набора альтернатив.

Количество учтенных (проиндексированных) реализаций, отражаемых на оси абсцисс в обоих случаях должно быть не менее численного значения числа разовых испытаний N , определенного согласно п. i.2) настоящей частной методики. При этом итоговая мощность контрольных выборок по обоим рассматриваемым в эксперименте альтернативным вариантам должна быть одинаковой и в идеале должна равняться N .

i.5.) Гистограммы по каждой из выборок (с назначенной мощностью N) по трем рассматриваемым в эксперименте альтернативным вариантам, как соответствующие ансамбли реализаций элементарных, единичных испытаний - розыгрышей соответствующих матричных игр, осредняются путем последовательного суммирования и деления на мощность выборки. Результаты осреднения представляются на итоговой сводной гистограмме, у которой:

- по оси абсцисс – идентификатор рассматриваемого альтернативного варианта ИМС;

- по оси ординат – осредненное по N значение цены игры (значение прибыльности деятельности предприятия наукоемкого приборостроения – уровня рентабельности, согласованного потребителем) по статистической реализации (исполнению) всего ансамбля единичных испытаний.

і.б.) Итоговая гистограмма, полученная в п.і.5), анализируется на предмет статистической устойчивости и корректности. В частности, если число учтенных реализаций (исполнений) игр по конкретному варианту ИМС равно или превысило N , доверительная вероятность полученного результата может быть признана равной P_α . В противном случае, необходимо обеспечить требуемое число реализаций для каждого из альтернативных вариантов, чтобы добиться доверительной вероятности P_α .

Аналогично анализируется статистическая устойчивость регистрируемой разности в осредненной цене игры, по каждому из вариантов путем сравнения её с границами зон риска разброса значений, определяемых по принятым значениям α, β . Если регистрируется факт перекрытия зон риска разброса значений для регистрируемой разности в осредненной цене игры, по каждому из вариантов, то необходимо ужесточить требования (снизить значение) α, β , согласно п.і.2.) настоящей частной методики. Если факт перекрытия зон риска разброса значений для регистрируемой разности в осредненной цене игры, по каждому из вариантов при текущих значениях α, β не зарегистрирован, то установленная разность в осредненной цене игры, по каждому из вариантов признается статистически устойчивой при заданных рисках α, β .

Моделирование влияния того или иного варианта ИМС в диссертационном вычислительном эксперименте признается отвечающим требованиям более высокой эффективности по показателю повышение уровня производственной деятельности предприятий наукоемкого приборостроения если значение осредненной цены игры, полученное для этого варианта статистически значимо (т.е. с

текущими параметрами $P\alpha$, α , β) больше, чем аналогичный параметр, полученный для других альтернативных вариантов ИМС.

Полученные результаты вычислительного эксперимента по моделированию трех альтернативных вариантов формирования ИМС показали статистически значимый приоритет в значениях осредненной цены игры именно Варианта ИМС № 1, что подтверждает эффективность разработанного научно-методического инструментария повышения уровня производственной деятельности предприятий наукоемкого приборостроения за счет применения и совершенствования соответствующих информационно-мониторинговых сетей, как средств мониторинга реализации этапов жизненного цикла выпускаемых приборов.

3.3.2. Результаты и выводы диссертационного эксперимента

Результат диссертационного эксперимента, приведенный в резюмирующей части пп.3.3.1., а также нижеприведенные результаты оценки эффективности разработанных моделей и методик мониторинга реализации этапов жизненного цикла продукции наукоемкого приборостроения, в своей совокупности позволили перейти к общему выводу о том, что предложенный в данной работе научно-методический инструментарий позволяет считать поставленную в диссертационной работе научную (научно-техническую) задачу разрешенной, а цель исследования достигнутой. Этот вывод основывается на следующих результатах оценки:

А) При оценке эффективности разработанных моделей и методик на качественном уровне рассмотрения выявлен ряд конструктивных особенностей, которыми они обладают в отличие от всей гаммы существующих и используемых сегодня научно-методических средств совершенствования информационно-мониторинговых сетей продукции наукоемкого приборостроения, как средств мониторинга реализации этапов жизненного цикла выпускаемых приборов. К таковым относятся:

1. Обеспечение системности процессов синтеза, оценки и управления (оптимизации, перестройки и пр.) структурой информационно-мониторинговых сетей продукции наукоемкого приборостроения;

2. Предложение объективной основы для синтеза архитектуры (состава и структуры) информационно-мониторинговых сетей продукции наукоемкого приборостроения в виде системного учета информационных транзакций по обмену данными о техническом состоянии, о ремонтных и обслуживающих работах мониторируемой продукции;

3. Введение универсальной меры и соответствующего математического аппарата шкалирования характеристик информационно-мониторинговых сетей продукции наукоемкого приборостроения для проведения оценки их результативности, что создает базу для предметно-системологического сравнения различных проектов аналогичных ИМС;

4. Обоснование объективного подхода к решению задач оптимизации и рационализации, сокращения и внесения изменений в структуру информационно-мониторинговых сетей продукции наукоемкого приборостроения;

5. Формирование качественно новой парадигмы для проектирования новых и конфигурирования существующих информационно-мониторинговых сетей продукции наукоемкого приборостроения в виде комплексно-обобщающей методики информатизации мониторинга этапов жизненного цикла продукции наукоемкого производства на базе цифровых двойников;

6. Понижение итеративности процесса проектирования, формирования и развертывания на практике информационно-мониторинговых сетей продукции наукоемкого приборостроения;

7. Достижение определенного уровня универсальности разработанного инструментария применения и совершенствования информационно-мониторинговых сетей продукции наукоемкого приборостроения, как средств мониторинга реализации этапов жизненного цикла выпускаемых приборов, а также влияния на производственный уровень соответствующих предприятий.

Б) При оценке эффективности разработанных моделей и методик на количественном уровне рассмотрения, в развитие результатов диссертационного эксперимента, осуществлено сравнение разработанных и применяемых средств моделирования ИМС как средств мониторинга ЖЦ продукции наукоемкого приборостроения, что показано в Таблице 3.3.1. Итоги этого сравнения показывают преимущество разработанной совокупности моделей и методик мониторинга реализации этапов жизненного цикла продукции наукоемкого приборостроения для достижения целей повышения уровня производственной деятельности предприятий указанного приборостроения за счет применения и совершенствования соответствующих информационно-мониторинговых сетей.

Указанный сравнительный анализ наглядно показал обоснованную возможность рассмотрения разработанной совокупности моделей и методик мониторинга реализации этапов жизненного цикла продукции наукоемкого приборостроения как единого, комплексного научно-методического инструментария моделирования и проектирования соответствующих ИМС, повышения уровня производственной деятельности указанных предприятий за счет применения и совершенствования таких информационно-мониторинговых сетей, как средств выше приведенного мониторинга и информационного сопровождения рассматриваемых приборов. Именно комплексность разработанных и предлагаемых научных результатов данного диссертационного исследования создает их дополнительное системное свойство, которое выгодно отличает их от слабоструктурированной гаммы уже существующих и применяемых средств системного проектирования информационно-мониторинговых сетей продукции наукоемкого приборостроения, как средств мониторинга реализации этапов жизненного цикла выпускаемых приборов. Это предопределяет перспективность внедрения разработанного научно-методического инструментария, несмотря на его логико-математическую сложность.

Таблица 3.3.1. – Итоги сравнительного анализа разработанных и применяемых средств моделирования ИМС как средств мониторинга ЖЦ продукции наукоемкого приборостроения

Критерии (свойства-показатели и индикативные значения), примененные в сравнительном анализе	Разработанные модели и методики мониторинга реализации этапов жизненного цикла продукции наукоемкого приборостроения	Универсальные средства и процедуры проектирования и совершенствования информационно-сопроводительных систем и их БД	Методы, стандарты и программные продукты ИТ-сектора экономики, применимые для моделирования и проектирования ИМС
Наличие связной и формализуемой системы показателей мониторинга	Есть	Нет	Нет
Возможности по числу учитываемых показателей мониторинга (min-max)	2 -200	5-10	20-50
Обеспечиваемая точность оценки влияния ИМС на производственный уровень	До 0,01	0,1-0,2	-
Уровень системологической объективности при рационализации ИМС	1	0,5	0
<p>Практическая применимость в рамках процессов проектирования новых и внесения изменений в существующие ИМС:</p> <ul style="list-style-type: none"> – автоматизируемость (переносимость в ППО); – наличие единой меры и возможности шкалирования параметров оценивания; – простота интерпретации в предметной области ИМС; – максимальная глубина геопространственного охвата ИМС; – технологическая сложность аппарата. 	<p>Полная, Однозначная</p> <p>Есть, Ординальная</p> <p>Высокая</p> <p>Не ограничена</p> <p>Высокая</p>	<p>Неполная</p> <p>Нет</p> <p>Низкая</p> <p>Региональная</p> <p>Высокая</p>	<p>Неоднозначная</p> <p>Нет</p> <p>Не высокая</p> <p>Нет</p> <p>Низкая</p>
Трудоёмкость применения	Низкая	Высокая	Низкая
Адаптивность реализации в рамках типового процесса организации мониторинга продукции предприятия	Высокая	Низкая	Низкая

3.4. Выводы по 3 главе

1. В процессе использования информационно-мониторинговых сетей объемы поставок и количество мониторируемой продукции наукоемкого приборостроения с течением времени изменяется как в большую, так и в меньшую сторону. Это вызывает к жизни необходимость решения текущих задач по реорганизации, объединению и/или интеграции, по обобщающей группе видов продукции, структуры сети. Это задачи оптимизации количества узлов и связей в указанной структуре, сокращение возникающей избыточности или объединения связей однотипных сетей на единой основе физических каналов передачи информации. Именно совокупность указанных процессов целенаправленного изменения структуры информационно-мониторинговых сетей сопровождения жизненного цикла продукции наукоемкого приборостроения для обеспечения учета изменяющегося состава парка и эксплуатационных свойств указанных изделий понимается как управление структурой таких сетей. В рамках разработанной в ходе диссертационного исследования методики управления изменениями информационно-мониторинговой сети для продукции наукоемкого приборостроения за основу выбора новой структуры принят критерий «информационно-системной близости» для сопоставимых информационных систем с поведением. То есть, при констатации необходимости оптимизации, сокращения информационно-мониторинговой сети того или иного типа продукции за рациональный вариант новой структуры сети принимается тот, который является наиболее информационно близким с точки зрения современной системологии.

2. Представление управления структурой информационно-мониторинговой сети как процесса информационно-логической реконструкции исходной системы позволяет за конечное число шагов находить такой рациональный вариант изменений исходной структуры ИМС, который обеспечивает минимальные информационные потери в реализации функционала этой сети после внесения в неё изменений.

3. Проектные и научно-проектные решения по управлению изменениями информационно-мониторинговой сети для продукции наукоемкого приборостроения рассматриваются не как итоговые предписания для их безусловного проведения в жизнь, а как некоторые рационально-конструктивные ориентиры, проектные индикаторы для определения наилучших технических схем, приемов и способов преобразования структур искомых сетей.

4. Информатизация мониторинга жизненного цикла продукции наукоемкого приборостроения есть процесс повышения эффективности сбора, накопления и обработки информации в цифровом виде по вопросам хода эксплуатации единиц указанной продукции с помощью перспективных информационных технологий..

5. Методика информатизации мониторинга этапов жизненного цикла продукции наукоемкого производства на базе цифровых двойников выступает обобщающим научным результатом к выше представленным моделям и методике. Суть данной методики в систематизации применения всех описанных методологических средств при моделировании информационно-мониторинговых сетей для продукции наукоемкого приборостроения, в интересах мониторинга реализации этапов её жизненного цикла, а как следствие, в повышении уровня производственной деятельности приборостроительных предприятий за счет применения и совершенствования рассматриваемых сетей.

6. Полученные результаты вычислительного эксперимента по моделированию трех альтернативных вариантов формирования ИМС показали статистически значимый приоритет именно варианта ИМС, синтезированного с использованием разработанных моделей и методик, что подтверждает эффективность разработанного научно-методического инструментария повышения уровня производственных процессов предприятий наукоемкого приборостроения за счет применения и совершенствования соответствующих информационно-мониторинговых сетей, как средств мониторинга реализации этапов жизненного цикла выпускаемых приборов.

Заключение

Разработанные модели и методики мониторинга реализации этапов жизненного цикла продукции наукоемкого приборостроения, как совокупный научно-методический инструментарий повышения уровня производственной деятельности предприятий указанного приборостроения за счет моделирования применения и совершенствования соответствующих ИМС, как средств мониторинга реализации этапов жизненного цикла выпускаемых приборов, определенно требует итогового заключения по теме работы и рекомендаций по дальнейшему её развитию:

1. Совокупность предложенных в этом диссертационном исследовании моделей и методик, составляет научно-методическую основу синтеза, оценки и управления изменениями соответствующих информационно-мониторинговых сетей. Этот тезис относится как к изделиям наукоемкого приборостроения, так и другим дорогостоящим изделиям – результатам производственной деятельности с продолжительным и сложным жизненным циклом эксплуатации.

2. Разработанный научно-методический инструментарий, как совокупность логически соотнесенных научных положений, обеспечивает решение научной задачи повышения уровня производственной деятельности предприятий наукоемкого приборостроения за счет применения и совершенствования соответствующих информационно-мониторинговых сетей, как средств мониторинга реализации этапов жизненного цикла выпускаемых приборов.

3. Повышение уровня производственной деятельности предприятий наукоемкого приборостроения за счет применения и совершенствования соответствующих информационно-мониторинговых сетей может быть достигнуто, если при проектировании, конфигурировании и изменениях последних будут использованы разработанные модели и методики, приведенные выше, как соответствующие положения, выносимые на защиту.

4. Перспективный потенциал предлагаемых моделей и методик задается следующим:

1) систематизацией процессов формирования, конфигурирования и развертывания на практике информационно-мониторинговых сетей для продукции наукоемкого приборостроения, в интересах мониторинга реализации этапов жизненного цикла таких приборов;

2) обеспечением научно-методических основ оценки, контроля и анализа результативности функционирования информационно-мониторинговых сетей указанной продукции;

3) возможностью целенаправленного управления изменениями структуры указанных информационно-мониторинговых сетей;

4) оценкой влияния процессов применения и совершенствования соответствующих информационно-мониторинговых сетей на уровень производственной деятельности (производственных процессов) предприятий наукоемкого приборостроения.

5. Разработанные научные результаты, они же – положения выносимые на защиту, имеют практический аспект своей применимости. Это дает возможность их использовать для:

- поддержки процессов проектирования, формирования, конфигурирования и совершенствования информационно-мониторинговых сетей для продукции наукоемкого приборостроения;

- обосновании затрат на улучшение качества функционирования, развитие прикладного программного обеспечения указанных сетей;

- выработки документов, регламентирующих создание и применение информационно-мониторинговых сетей для продукции наукоемкого приборостроения;

- организационных мероприятий подготовки персонала обслуживания и поддержания информационно-мониторинговых сетей;

- широкой интеллектуализации существующих распределенных информационно-мониторинговых сетей продукции наукоемкого приборостроения;

- синтеза цифровых сетей интегрального обслуживания на базе информационно-мониторинговых сетей продукции наукоемкого приборостроения в

интересах развития (повышения) уровня производственной деятельности соответствующих предприятий.

6. С учетом сказанного выше выносимые на защиту научные результаты являются новыми, достоверными, теоретически и практически значимыми. Они могут быть квалифицированы как научно обоснованные технические и технологические разработки, имеющие существенное значение для экономики страны, а в своей совокупности, как решение научной задачи, имеющей существенное значение для соответствующей отрасли знаний.

Таким образом, в ходе решения научной задачи выработки комплексного научно-методического инструментария моделирования информационно-мониторинговых сетей для продукции наукоемкого приборостроения, в интересах мониторинга реализации этапов её жизненного цикла, обеспечивающего повышение уровня производственной деятельности указанных предприятий, получено 4-ре новых и достоверных научных результата:

- 1) Модель синтеза структуры информационно-мониторинговой сети для продукции наукоемкого приборостроения;
- 2) Модель оценки результативности информационно-мониторинговой сети продукции наукоемкого приборостроения;
- 3) Методика управления изменениями информационно-мониторинговой сети для продукции наукоемкого приборостроения;
- 4) Методика информатизации мониторинга этапов жизненного цикла продукции наукоемкого производства на базе цифровых двойников.

Научные результаты 1)-4) соответствуют формуле специальности 05.02.22 – Организация производства (радиоэлектроника и приборостроение) и областям исследования: 1. «Разработка научных, методологических и системно-технических основ проектирования организационных структур предприятий и организации производственных процессов. Стратегия развития и планирования организационных структур и производственных процессов.»; 2. «Разработка методов и средств эффективного привлечения и использования материально-технических ресурсов и инвестиций в организацию производственных процес-

сов»; 3. «Разработка методов и средств информатизации и компьютеризации производственных процессов, их документального обеспечения на всех стадиях»; 4. «Моделирование и оптимизация организационных структур и производственных процессов, вспомогательных и обслуживающих производств»; 5. «Разработка научных, методологических и системотехнических принципов повышения эффективности функционирования и качества организации производственных систем. Повышение качества и конкурентно способности продукции, системы контроля качества и сертификации продукции. Системы качества и экологичности предприятий»; 10. «Разработка методов и средств мониторинга производственных и сопутствующих процессов», 11. «Разработка методов и средств планирования и управления производственными процессами и их результатами».

Внедрение результатов диссертационного исследования в АО «Концерн «Океанприбор» дало практические результаты в виде роста показателей результативности применяемых и разворачиваемых информационно-мониторинговых сетей, повышении обоснованности решений по их развитию и конфигурированию, что подтверждается соответствующими актами. Сводным и итоговым результатом внедрения предлагаемого научно-методического инструментария моделирование информационно-мониторинговых сетей для продукции наукоемкого приборостроения, в интересах улучшения мониторинга реализации этапов жизненного цикла такой продукции является снижение числа итераций процесса проектирования указанных сетей, при их разработке и переконфигурировании. Предложенный инструментарий позволяет добиться снижения указанной итеративности на 15-20%, добиться сокращения общего времени проектирования и формирования информационно-мониторинговых сетей для отдельных видов продукции наукоемкого приборостроения на 20-30%.

Научными направлениями дальнейших исследовательских работ в области моделирования информационно-мониторинговых сетей для продукции наукоемкого приборостроения, в интересах мониторинга реализации этапов жизненного цикла таких изделий, являются:

1. Широкое внедрение новейших информационных и телекоммуникационных технологий интеллектуализации информационно-мониторинговых сетей для продукции наукоемкого приборостроения;

2. Исследование вопросов защиты информации в информационно-мониторинговых сетях с большим пространственным и функциональным охватом;

3. Рассмотрение вопросов синтеза и конфигурирования информационно-мониторинговых сетей для различных видов и типов номенклатур продукции;

4. Исследование вопросов интеграции информационно-мониторинговых сетей различных предприятий в условиях глобализации экономики, определение процессов интеграции информационно-мониторинговых сетей и корпоративных информационных систем.

Приведенные направления дальнейших научных, научно-технических и научно-технологических исследований должны обеспечить повышение уровня производственной деятельности предприятий наукоемкого приборостроения за счет применения и совершенствования соответствующих информационно-мониторинговых сетей в рамках развития всей цифровой инфраструктуры современной экономики.

Список сокращений и условных обозначений

АСОИУ	–	автоматизир. системы обработки информации управления
АРМ	–	автоматизированное рабочее место
БД	–	база данных
ВКС	–	видео-конференц связь
ГИС	–	географическая информационная система
ГОСТ	–	государственный стандарт
ЕСКД	–	единая система конструкторской документации
ЕСПД	–	единая система программной документации
ЖЦ	–	жизненный цикл
ЗИП	–	запасные имущество и принадлежности
ИАСУ	–	информационная автоматизированная система управления
ИМС	–	информационно-мониторинговая сеть
КИС	–	корпоративная информационная система
МО	–	математическое ожидание
НИР	–	научно-исследовательская работа
ОКР	–	опытно-конструкторская работа
ОПО	–	общесистемное программное обеспечение
ПАК	–	программно-аппаратный комплекс
ПО	–	программное обеспечение
ППО	–	прикладное программное обеспечение
СРППП	–	система разработки постановки продукции на производство
САПР	–	системы автоматизированного проектирования
СВ	–	случайная величина
СУБД	–	система управления базами данных
ТЗ	–	техническое задание
ТЭЗ	–	типовой элемент замены
УЦ	–	удостоверяющий центр
CRL	–	список отозванных сертификатов (англ. <i>Certificate Revocation List</i>)

Словарь терминов

1. **Алгоритм** - формальная процедура, гарантирующая получение оптимального или корректного решения.

2. **Библиотека программ** - по ГОСТ 19781–90. Организованная совокупность программ или частей этих программ, а также, возможно, информации, относящейся к их использованию.

3. **Данные** – зарегистрированная информация, представленная в электронном виде, пригодном для обработки автоматическими средствами при возможном участии человека.

4. **Диалоговый режим** - по ГОСТ 34.003–90. Режим выполнения функций автоматизированной системой, при котором человек управляет решением задачи, изменяя ее условия и (или) порядок функционирования системы на основе оценки информации, предоставляемой ему техническими средствами этой системы.

5. **Качество** — сложное свойство объектов различной природы (в т.ч. информационных), обуславливающее его пригодность для использования по назначению.

6. **Критерий подтверждения характеристики** — правило, с помощью которого определяют соответствие интенсивности характеристики предъявляемым в техническом задании или нормативном документе требованиям.

7. **Интерфейс человеко-машинный** - по ГОСТ РВ 29.05.007–96. Комплекс программных и технических средств, посредством которых осуществляется диалоговый режим выполнения функций АСУ.

8. **Информационное обеспечение автоматизированной системы** - по ГОСТ 34.003–90. Информационное обеспечение АС – совокупность форм документов, классификаторов, нормативной базы и реализованных решений по объемам, размещению и формам существования информации, применяемой в АС при ее функционировании.

9. Информационно-мониторинговая сеть для изделий наукоемкого приборостроения – специализированная информационно-телекоммуникационная сеть для реализации процессов сбора, интеграции (генерализации) и накопления данных о ходе эксплуатации (в т.ч. о выполнении всех ремонтных мероприятий, мероприятий технического обслуживания, авторского и технического надзора), особенностях применения по назначению и специфике функционирования указанных изделий, а также осуществления обратной связи между предприятиями-разработчиками и эксплуатантами, которая выражается в удаленной информационной и компетентной поддержке.

10. Комплекс программ - по ГОСТ 19.101–77. Программа, состоящая из двух или более компонентов и (или) комплексов, выполняющих взаимосвязанные функции, и применяемая самостоятельно или в составе другого комплекса.

11. Компонент - по ГОСТ 19.101–77. Программа, рассматриваемая как единое целое, выполняющая законченную функцию и применяемая самостоятельно или в составе комплекса.

12. Лингвистическое обеспечение автоматизированной системы - по ГОСТ 34.003–90. Совокупность средств и правил для формализации естественного языка, используемых при общении пользователей и эксплуатационного персонала АС с комплексом средств автоматизации при функционировании АС.

13. Математическое обеспечение - по ГОСТ 34.003–90. Совокупность математических методов, моделей и алгоритмов, примененных в АС.

14. Надежность выводов эксперимента – это свойство такого объекта инфосферы, как вновь полученное знание, устойчиво и неизменно вырабатывать функционально пригодные и достоверные результаты при заданных начальных данных и входных условиях.

15. Оценивание — определение значения характеристики и соотнесение её с критерием подтверждения.

16. **Оценка** — результат оценивания. При этом, **Измерение** — определение значения количественной характеристики, основанное на поиске значения физической величины опытным путем с помощью технических средств.

17. **Оператор системы «человек-машина»** - по ГОСТ 26387–84. Человек, осуществляющий трудовую деятельность, основу которой составляет взаимодействие с объектом воздействия, машиной и средой на рабочем месте при использовании информационной модели и органов управления.

18. **Орган управления** - по ГОСТ 26387–84. Техническое средство в СЧМ, предназначенное для передачи управляющих воздействий от оператора СЧМ к машине.

19. **Ошибка оператора** - по ГОСТ 26387–84. Неправильное выполнение или невыполнение оператором СЧМ предписанных действий.

20. **Программа** - по ГОСТ 19781–90. Данные, предназначенные для управления конкретными компонентами системы обработки информации в целях реализации определенного алгоритма.

21. **Программная документация** - по ГОСТ 19.101–77. Документы, содержащие сведения, необходимые для разработки, изготовления, сопровождения и эксплуатации программ.

22. **Программное обеспечение** - по ГОСТ 34.003–90. Программное обеспечение АС: Совокупность программ на носителях данных и программных документов, предназначенная для отладки, функционирования и проверки работоспособности АС.

23. **Программный модуль** - по ГОСТ 19781–90. Программа или функционально завершенный фрагмент программы, предназначенный для хранения, трансляции, объединения с другими программными модулями и загрузки в оперативную память.

24. **Система «человек-машина»** - по ГОСТ 26387–84. Система, включающая в себя человека-оператора СЧМ, машину, посредством которой он осуществляет трудовую деятельность, и среду на рабочем месте.

25. **Средства отображения информации** - по ГОСТ 26387–84. Устройство в системе «человек-машина», предназначенное для восприятия оператором сигналов о состоянии объекта воздействия, системы «человек-машина» и способов управления ими.

26. **Теория** – система основных идей в той или иной области знаний.

27. **Теория интеллектуальных систем** – научное направление, объединяющее несколько дисциплин (символьные рассуждения, нейросетевые вычисления, эволюционные стратегии), конечной целью которых является исследование с различных позиций методов и средств автоматизации разумных рассуждений и действий человека; является сравнительно новым научным направлением.

28. **Технологии интеллектуальных систем** – комплекс научных и инженерных методов разработки, технологических процессов проектирования и производства, обеспечивающих создание прикладных интеллектуальных систем. В приведенной трактовке технологии интеллектуальных систем объединяют в себе как весь комплекс относящихся к данному научно-техническому направлению знание преобразующих технологий, так и производственных технологий.

29. **Технология** — это система условий, форм, методов и средств решения поставленной задачи.

30. **Функция** – вид связи между объектами, когда изменение одного из них влечет изменение другого (других), при этом характер таких изменений определяет роль каждого объекта в рамках системы, к которой рассматриваемые объекты принадлежат.

31. **Характеристика** — описание свойства изделия, объекта. Характеристика имеет наименование и значение. Наименование характеристики совпадает с названием свойства. Значение характеристики можно задать количественно и качественно, поэтому различают количественные и качественные характеристики: Количественная характеристика — описание свойства указанного изделия, объекта с помощью некоторой переменной, значения которой характери-

зуют уровень или интенсивность этого свойства. Такую переменную обычно называют величиной. Качественная характеристика — описание свойства без явного количественного оценивания его интенсивности.

32. Человеко-машинные системы – системы, основанные на моделировании и формализации процессов взаимной адаптации элементов комплексной системы «человек-машина-среда». Включают в себя системы для автоматизации деятельности должностных лиц, обучающие системы, тренажеры и т.д.

33. Экспертные системы – системы, включающие базу знаний с набором правил и механизмов вывода, позволяющие на основании правил и предоставляемых пользователем фактов распознавать ситуацию, формулировать решение или давать рекомендации для выбора действия.

Список литературы

1. Бочаров П.П., Печинкин А.В. Теория вероятностей. Математическая статистика. – М.: Гардарика, 1998. -328с.
2. Популярная энциклопедия: в 20 томах / Большая энциклопедия.- М.: ТЕРРА, 2008. Т.10. -192с., ил.
3. Купиллари А. Мир математики. Трудности доказательств. – М.: Техносфера, 2002г. – 303с.
4. Окстоби Дж. Мера и категория – М.: Мир, 1974. – 158с.
5. Ноден П., Китте К. Алгебраическая алгоритмика – М.: Мир, 1999.- 719с.
6. Биркгоф Г., Барти Т. Современная прикладная алгебра. – М.: Мир, 1976. – 396с., ил.
7. Логический словарь: ДЕФОРТ/ Под ред. А.А. Ивина, В.Н.Переверзева, В.В.Петрова. – М.: Мысль, 1994. – 268с.
8. Математический словарь высшей школы: Общ. Часть/ В.Т.Воднев, А.Ф.Наумович, Н.Ф.Наумович; Под. Ред. Ю.С.Богданова. – 2-е изд. – М.: Изд-во МПИ, 1988. -527с., ил.
9. Котлер Ф., Келлер К.Л. Маркетинг менеджмент / Ф. Котлер, К.Л. Келлер. – СПб.: Питер, 2018 – 844 с.
10. Кохонен Т. Самоорганизующиеся карты [Электронный ресурс]/ Т.Кохонен; пер. 3-го англ. изд. -2-е изд. (эл.) – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2014 – 655с., ил.
11. Поташев М.О. Век клиента / М.О. Поташев, М. Левандовский. – М.: АСТ, 2016 – 320 с. – (Бизнес-книга).
12. Вакуленко С.А., Жихарева А.А. Практический курс по инфотелекоммуникационным сетям – СПб: Университет ИТМО, 2018. – 71 с.
13. Николенко С., Кадуриин А., Архангельская Е. Глубокое обучение. — СПб.: Питер, 2018. — 480 с.: ил
14. Хайкин С. Нейронные сети: полный курс, 2-е издание.: Пер. с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2006. – 1104с., ил.

15. Goodfellow I., Bengia Y., Courville A. Deep Learning. London ; Cambridge : MIT Press, 2016.
16. Аппаратное ускорение глубоких нейросетей: GPU, FPGA, ASIC, TPU, VPU, IPU, DPU, NPU, RPU, NNP и другие буквы [Электронный ресурс] - <https://habr.com/ru/post/455353/> Дата обращения: 17.08.2020г.
17. Мишель Нилсен. Сети и глубокое обучение, глава 3, ч.1: улучшение способа обучения нейросетей [Электронный ресурс] - <https://habr.com/ru/post/458724/> Дата обращения: 17.08.2020г.
18. Г.Буч Объектно-ориентированный анализ и проектирование с примерами приложений на C++:Издание третье. – М.,Издательство ВHV, 2008г. – 628с., ил.
19. Саати Т., К.Кернс Аналитическое планирование. Организация систем: Пер. с англ. – М., Радио и связь, 1991. – 224с., ил.
20. Клир Дж. Системология. Автоматизация решения системных задач - М. Радио и связь, 1990. – 554с.
21. Асанов А.З. Технология вложения систем и её приложения – Уфа, Издательство Уфимского гос. авиационного технического университета, 2010г. – 258с., ил.
22. Печенкин В.В., Королев М.С., Дмитров Л.В. Прикладные аспекты использования алгоритмов ранжирования для ориентированных взвешенных графов// Труды СПИИРАН. - 2018.-№6(61) – С.94 -119. DOI:10.15622/sp61.4
23. Воротников В.И., Вохмянина А.В. Метод линеаризующей обратной связи в задаче управления по части переменных при неконтролируемых помехах// Труды СПИИРАН. - 2018.-№6(61) – С.61 -93. DOI:10.15622/sp61.3
24. Ammar A.V. Query optimization techniques in graph Databases // International Journal of Database Management Systems (IJDMS). 2016. vol. 8. no. 4. 14 p.
25. Феллер У. Введение в теорию вероятностей и ее приложения. Том 2. – М.: Мир: Издательство литературы по математическим наукам, 1967. – 523с.

26. С.Д.Бешелев, Ф.Г.Гурвич Математико-статистические методы экспертных оценок – М., Статистика, 1980г. – 122с.
27. Айвазян С.А. и др. Прикладная статистика: Основы моделирования и первичная обработка данных - М., Финансы и статистика, 1983г. -471с.
28. Александров А.В. Алгоритмы и программы структурного метода обработки данных [Текст]/А.В. Александров, Н.Д. Горский – Л.: Наука, 1993.- 207 с.
29. Баркалая Г.О. Принципы формирования системы единых критериев эффективности [Текст] / Г.О. Баркалая, В.Г. Милованов, С.К. Свирин // Методы определения состава и оценки боевой эффективности ВМФ: научн.-техн. сб. № 50. – М.: МО СССР,1991. – С.9-19.
30. Борисов А.Н. Принятие решений на основе нечетких моделей: Примеры использования [Текст] / А.Н. Борисов, О.А. Крумберг, И.П.Федоров – Рига: Зинатне, 1990.-223 с.
31. Галушкин А.И. Сфера применения нейрокомпьютеров расширяется. Приложение к журналу «Информационные технологии». - 2011. - № 10. 2.
32. Галушкин А.И. Теория нейронных сетей. Сер. «Нейрокомпьютеры и их применение». Кн. 1. - М.: ИПРЖР, 2010.
33. Сигеру О., Марзуки Х., Рубин Ю. Нейроуправление и его приложения / Под ред. А.И. Галушкина. Сер. «Нейрокомпьютеры и их применение». Кн. 2. - М.: ИПРЖР, 2010.
34. Комашинский В.И., Смирнов ДА. Введение в нейроинформационные технологии. — СПб.: Тема, 2009.
35. Круглов В.В., Борисов В.В. Искусственные нейронные сети. Теория и практика. — М.: Горячая линия — Телеком, 2001.
36. ЭВМ пятого поколения. Концепции, проблемы, перспективы. — М.: Финансы и статистика, 2009.
37. Игнатущенко В.В. Организация структур управляющих многопроцессорных вычислительных систем. — М.: Энергоатомиздат, 2004.

38. Барский А.Б. Параллельные процессы в вычислительных системах: Планирование и организация. — М.: Радио и связь, 1996.
39. Ивакин Я.А., Варжапетян А.Г., Семенова Е.Г., Фролова Е.А. Информационно-сопроводительная сеть изделий авиаприборостроения как информационная основа политики производителей в области качества -Научно-практический журнал «Наука и бизнес: пути развития», № 8 (110) – 2020г. – с. 54-62.
40. Поспелов Д.А. Моделирование рассуждений: Опыт анализа мыслительных актов. - М.: Радио и связь, 1989.
41. Ивакин Я.А., Ивакин В.Я. DIGITALHUMANITIES: применение имитационного моделирования в исторических и этнографических исследованиях. //Материалы международной конференции «Имитационное моделирование - 2015» (ИММОД-2015); Секция 1. Теоретические основы и методология имитационного и комплексного моделирования. — М.: ИПУ РАН, 2015.
42. Поспелов Д.А. Большие системы. Ситуационное управление. - М.: Знание, 1975.
43. Головкин Б.А. Параллельные вычислительные системы. — М.: Наука, 2010.
44. Барский А.Б., Шилов В.В. SPMD-архитектура и параллельная обработка структур данных. — Приложение к журналу «Информационные технологии». — 2009. — № 6.
45. Барский А.Б., Шилов В.В. SPMD-архитектура и параллельный логический вывод. — Приложение к журналу «Информационные технологии». - 2009. - № 12.
46. Барский А. Б. Параллельные технологии решения оптимизационных задач. — Приложение к журналу «Информационные технологии». - 2011. - № 2.
47. Барский А.Б. Обучение нейросети методом трассировки. Труды VIII Всеросс. конф. «Нейрокомпьютеры и их применение», 2012.

48. Фролов Ю.В. Интеллектуальные системы и управленческие решения. - М.: МГПУ, 2010.
49. Фролов Ю.В., Пастухов Е.С. Мониторинг изменений в банковском сообществе России с применением самоорганизующихся карт Кохонена // Банковские технологии. — 2012. — № 11.
50. Deboeck G., Kohonen T. Visual Exploration in Finance with Self-Organizing Maps. Springer-Verlag, 1998.
51. Нейронные сети: История развития теории / Под ред. А.И. Галушкина, Я.З. Цыпкина. Науч. сер. «Нейрокомпьютеры и их применение». Кн. 5. - М.: ИПРЖР, 2001.
52. Головки ВЛ. Нейронные сети: обучение, организация и применение / Под ред. А.И. Галушкина. Науч. сер. «Нейрокомпьютеры и их применение». Кн. 4. - М.: ИПРЖР, 2001.
53. Галушкин А.И. Нейрокомпьютеры. Науч. сер. «Нейрокомпьютеры и их применение». Кн. 3. - М.: ИПРЖР, 2000.
54. Горбань А.Н. Обучение нейронных сетей. — М.: СП «ParaGraf», 1990.
55. Терехов В.А., Ефимов Д.В., Тюкин И.Ю. и др. Нейросетевые системы управления. - СПб.: СПбГУ, 1999.
56. Искусственный интеллект. Кн.1 / Под ред. Э.В. Попова; Кн. 2 / Под ред. Д.А. Поспелова. — М.: Радио и связь, 1990.
57. Барский А.Б. Нейронные сети и искусственный интеллект// Аляудинов М.А., Барский А.Б., Балухто А.Н., Галушкин АИ. и др. — Приложение к журналу «Информационные технологии». — 2003. -№1 . Труды VIII Всеросс. конф. «Нейрокомпьютеры и их применение». Тезисы докладов. — М.: Век книги, 2002.
58. Характеристики качества программного обеспечения [Текст] / Б.У. Боэм, [и др.] – М.: Мир, 1992.-312 с.
59. Боэм Б.У. Инженерное проектирование программного обеспечения [Текст]: пер. с англ. /Б.У. Боэм. – М.: Радио и связь, 1985.-252 с.

60. Большая российская энциклопедия. / [Эл. ресурс] – (<http://slovari.yandex.ru/>).
61. Воротников В.И., Вохмянина А.В. Метод линеаризующей обратной связи в задаче управления по части переменных при неконтролируемых помехах// Труды СПИИРАН. - 2018.-№6(61) – С.61 -93. DOI:10.15622/sp61.3
62. ГОСТ 34.201-89. Информационная технология. Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Виды, комплектность и обозначение документов при создании автоматизированных систем. [Текст] - М.: Госкомстандарт, 2002. – 36с.
63. ГОСТ 34.601-90. Информационная технология. Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Автоматизированные системы стадии создания. [Текст] - М.: Госкомстандарт, 2002. – 84с.
64. ГОСТ Р ИСО 9000-2015. Система менеджмента качества. Основные положения и словарь. [Текст] - М.: Стандартиформ, 2015. – 42с.
65. ГОСТ Р ИСО 9001-2015. Системы менеджмента качества. Требования. [Текст] - М.: Стандартиформ, 2015. – 57с.
66. ГОСТ Р ИСО/МЭК 12207-2010. Информационная технология. Процессы жизненного цикла программных средств. [Текст] - М.: Стандартиформ, 2012. – 174с.
67. ГОСТ Р 51904-2002. Программное обеспечение встроенных систем. Общие требования к разработке и документированию. [Текст] - М.: Стандартиформ, 2012. – 36с.
68. ГОСТ Р ИСО/МЭК 15910-2002. Информационная технология. Процесс создания программного средства пользователя. [Текст] - М.: Стандартиформ, 2012. – 98с.
69. ГОСТ 15971-90. Системы обработки данных. Термины и определения. – М.: Издательство стандартов, 1992.
70. ГОСТ 28806—90. Качество программных средств. [Текст] - М.: Госкомстандарт, 1999. – 114с.

71. ГОСТ Р ИСО 25 010 -2015. Качество информационных продуктов. Основные процедуры определения. [Текст] - М.: Стандартиформ, 2015.–76 с.
72. ГОСТ Р ИСО 27000 -2015. Качество программных средств. Основные процедуры определения. [Текст] - М.: Стандартиформ, 2015. – 36с.
73. ГОСТ Р ИСО/МЭК 31000 – 2010. Менеджмент риска. Принципы и руководство. [Текст] - М.: Стандартиформ, 2012. – 26с.
74. ГОСТ Р ИСО/МЭК 31010 – 2011. Менеджмент риска. Методы оценки риска. [Текст] - М.: Стандартиформ, 2012. – 70с.
75. ГОСТ Р 51 901.2 – 2005. Менеджмент риска. Системы менеджмента надежности. [Текст] - М.: Стандартиформ, 2005. – 74с.
76. ГОСТ Р 51 901.3 – 2007. Менеджмент риска. Руководство по менеджменту риска. [Текст] - М.: Стандартиформ, 2007. – 104с.
77. ГОСТ Р 51 901.5 – 2007. Менеджмент риска. Руководство по применению методов анализа надежности. [Текст] - М.: Стандартиформ, 2007– 92с.
78. ГОСТ Р 51 901.4 – 2005. Менеджмент риска проекта. Руководство по применению при проектировании. [Текст] - М.: Стандартиформ, 2005 – 65с.
79. ГОСТ Р 51 901.1 – 2002. Управление надежностью. Анализ риска технологических систем. [Текст] - М.: Стандартиформ, 2003. – 38с.
80. ГОСТ Р 53393 – 2009. Интегрированная логистическая поддержка. Основные положения [Текст] - М.: Стандартиформ, 2009. – 36с.
81. ГОСТ Р 53394 – 2009. Интегрированная логистическая поддержка. Основные термины и определения [Текст] - М.: Стандартиформ, 2009. – 19с.
82. ГОСТ Р ИСО/МЭК 15288-2005. Информационная технология. Системная инженерия. Процессы жизненного цикла систем. [Текст] - М.: Стандартиформ, 2006. – 57с.
83. ГОСТ Р ИСО/МЭК 9126-93. Информационная технология. Оценка программной продукции. Характеристика качества и руководства по их применению [Текст] - М.: Издательство стандартов, 1993. – 129с.

84. ГОСТ Р 27.403-2009. Планы испытаний для контроля вероятности безотказной работы [Электронный ресурс] - <http://docs.cntd.ru/document/1200078695> ; Дата публикации – 8.04.2021г.
85. ГОСТ Р 15.301-2016. Система разработки и постановки продукции на производство. Продукция производственно-технического назначения. Порядок разработки и постановки продукции на производство [Электронный ресурс] - <http://docs.cntd.ru/document/1200141162>; Дата публикации – 8.04.2021г.
86. ГОСТ Р 15.000-2016. Система разработки и постановки продукции на производство. Основные положения [Электронный ресурс] - <http://docs.cntd.ru/document/1200141161>; Дата публикации – 8.04.2021г.
87. ГОСТ РВ 15.004 – 2004 СРППП. Стадии жизненного цикла изделий и материалов – М., Росстандарт, 2006. -54с.
88. ГОСТ Р 56136 – 2014 Управление жизненным циклом продукции. Термины и определения – М., Стандартинформ, 2016. -24с.
89. Губинский, А. И. Надежность и качество функционирования эргатических систем [Текст] / А.И. Губинский. – Л.: Наука, 1982. -222 с.
90. ДеМарко Т. Вальсируя с медведями. Управление рисками в проектах по разработке программного обеспечения [Текст] / ДеМарко Т., Листер Т. – М., Издательский дом ДН, 2005.- 196с.
91. ДеМарко Т. Deadline. Роман об управлении проектами [Текст] / ДеМарко Т. – М., Издательство «Манн-Иванов-Фербер», 2016.- 352с.
92. Дюваль П.М. Непрерывная интеграция. Улучшение качества программного обеспечения и снижение риска [Текст] Дюваль П.М., Матиас С., Гловер Э. – СПб.: Символ, 2016.- 240с.
93. Ивакин Я.А. Интеллектуализация геоинформационных систем. Методы на основе онтологий [Текст]: Научное издание / Я.А. Ивакин – Сабрюненг: Ламберт-Академик Пабблишинг, 2010. – 475с.
94. Ивакин Я. А. Информационная технология геохронологического трекинга для проверки гипотез ретроспективных исследований / Я. А. Ивакин, С. В. Потапычев //Вестник Государственного университета морского и речного

флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2018. — Т. 10. — № 2. — С. 452–461.
DOI: 10.21821/2309-5180-2018-10-2-452-461.

95. Курейчик В.В., Жиленков М.А. Муравьиный алгоритм для решения оптимизационных задач с явно выраженной целевой функцией // Информатика, вычислительная техника и инженерное образование. 2015. № 2. С. 1–12.

96. Ванн Тассел Д. Стиль, разработка, эффективность, отладка и испытание программ [Текст]: пер. с англ. / Д. Ванн Тассел. – М.: Мир, 1995.-248 с.

97. Вентцель Е.С. Исследование операций: задачи, принципы, методология [Текст] / Е.С. Вентцель.– М.: Наука, 1988. -208 с.

98. Воронин М.Н. Гармонизация, интеграция и слияние данных: три источника и три составные части ИИ технологий [Текст] / М.Н. Воронин, В.В. Попович // Труды 2-го международного семинара «Интеграция информации и ГИС», - СПб.: «Анатолия», 2005. – С. 152-158.

99. Гаврилова Т.А. Интеллектуальные технологии в менеджменте: инструменты и системы [Текст]: учеб. пособие / Т.А. Гаврилова, Д.И. Муромцев. - 2-е издан. - СПб, Издательство «Высшая школа менеджмента»; Издат. Дом Санкт-Петерб. Гос. университета, 2008. – 488 с.

100. Гаврилова Т.А. Извлечение и структурирование знаний для экспертных систем [Текст] / Т.А. Гаврилова, К.Р. Червинская. – М.: Радио и связь, 1992. – 152 с.

101. Галактионов А.И. Основы инженерно-психологического проектирования АСУТП [Текст] / А.И. Галактионов. - М.: Энергия, 1994.-282 с.

102. Голдблат Р. Топосы. Категорный анализ логики [Текст]: пер. с англ. / Р. Голдблат. - М.: Мир, 1989.- 294 с.

103. Городецкий, В.И. Многоагентный подход к реализации программного обеспечения [Текст] / В.И. Городецкий // Труды VII международной конференции «Региональная информатика-2000»: сб. – СПбСПОИСУ, 2001.- с.12-26.

104. Гомеостатика живых, технических, социальных и экологических систем [Текст] / Ю.М. Горский [и др.]. - Новосибирск: Наука. Сиб. Отд-ние, 1993.-212 с.
105. Горский Ю.М. Информационные аспекты управления и моделирования [Текст] / Ю.М.Горский. - М.: Наука, 1995. - 264 с.
106. Горский, Ю.М. Системно-информационный анализ процессов управления [Текст] / Ю.М. Горский. - Новосибирск: Наука. Сиб. Отд-ние, 1990.-128 с.
107. Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь [Текст]: ГОСТ Р ИСО 9000-2015. – Введ. 2015-28-09. -М.: Стандартиформ, 2015. – 48с.
108. Антохина, Ю.А. Управление результативностью и качеством проектов: монография / Ю.А.Антохина, А.Г.Варжапетян, А.А.Оводенко, Е.Г.Семенова. – СПб.: Политехника, ГУАП, 2013. 330с.; ил..
109. Губинский А. И. Надежность и качество функционирования эргатических систем [Текст] / А.И. Губинский. – Л.: Наука, 1989.-222 с.
110. Дайитбегов Д.М. Программное обеспечение статистической обработки данных [Текст] / Д.М. Дайитбегов, О.В. Калмыков, А.И. Черепанов. – М.: Финансы и статистика, 1994. – 211 с.
111. Денисов А.А. Теория больших систем управления [Текст] / А.А. Денисов. - Л.: Энергоиздат : Ленингр. отд-ние, 1990. - 287 с.
112. Джонс Дж. К. Методы проектирования [Текст] / К. Дж. Джонс. пер. с англ. Т. Г. Бурмистровой, И. В. Фриденберга; под ред. В. Ф. Венды, В. М. Мунипова. - 2-е изд., доп. - М.: Мир, 1996. - 326 с.
113. Ивакин Я.А. Методы интеллектуализации промышленных геоинформационных систем для диспетчеризации пространственных процессов [Текст]: монография / Я.А. Ивакин; под ред. Р.М.Юсупова. – СПб.: СПИИРАН, 2010.- 239 с.

114. Информационно-управляющие человеко-машинные системы: Исследование, проектирование, испытания [Текст]: справочник / под общ. ред. А.И. Губинского, В.Г. Евграфова. – М.: Машиностроение, 1993. – 527 с.
115. Каш Ф. Модули и кольца [Текст] / Ф. Каш. – М.: Мир, 1989. – 264 с.
116. Коллинз Г. Структурные методы разработки систем: от стратегического планирования до тестирования [Текст]: пер. с англ. / Г. Коллинз, Дж. Блей. – М.: Финансы и статистика, 1996.-156 с.
117. Кормен Т. Алгоритмы: построение и анализ [Текст]: пер. с англ. / Т. Кормен, Ч. Лейзерсон, Р. Ривест. - М.: Центр непрерывного математического образования, 2010.
118. Куликовский Л.Ф. Теоретические основы информационных процессов [Текст] / Л.Ф. Куликовский, В.В. Мотов.– М.: Высшая школа, 1999. – 264 с.
119. Липаев, В.В. Обеспечение качества программных средств. Методы и стандарты [Текст] / В.В. Липаев.– М.: МГТУ «Станкин», 2010.-302 с.
120. Майерс Г. Надежность программного обеспечения [Текст]: пер. с англ. / Г. Майерс. – М.: Мир, 1992.-186 с.
121. Мамиконов А. Г. Проектирование АСУ [Текст] / А.Г. Мамиконов. - М.: Высш. шк., 1987. – 302 с.
122. Математическая энциклопедия [Текст]: т. 3 -М.: Издательство «Советская энциклопедия», 1984.-1215 с.
123. Мелихов А.Н. Ситуационные советующие системы с нечеткой логикой [Текст] / А.Н. Мелихов, Л.С. Верштейн, С.Я. Коровин. – М.: Наука, 1990-272 с.
124. Морозов Л.М. Теория эффективности [Текст] / Л.М. Морозов. - М.: МО СССР, 1975. – 264 с.
125. Мусаев А.А. Интеграция автоматизированных систем управления крупных промышленных предприятий: принципы, проблемы, решения [Текст] / А.А. Мусаев, Ю.М. Шерстюк // Автоматизация в промышленности. – 2013. № 10. – С. 40-45.

126. Можаяев А.С. Современное состояние и некоторые направления развития логико-вероятностных методов анализа систем. Часть-I. В сб.: Теория и информационная технология моделирования безопасности сложных систем. Вып.10. Под редакцией И.А. Рябина. Препринт 101. СПб.: ИПМАШ РАН, 2014, с.23-53.
127. Мичурин С.В. Метод репрезентации вербальных оценок показателей качества программных комплексов ситуационного управления / С.В. Мичурин // Радиопромышленность. 2015. №4. С.37-45.
128. Михайлин Д.А. Нейросетевой алгоритм безопасного облета воздушных препятствий и запрещенных наземных зон [Текст]/ Д.А. Михайлин // Научный вестник Московского государственного технического университета гражданской авиации. – 2017. - № 4. – С. 18-24.
129. Муся А.М. Геопространственное моделирование в программных комплексах [Текст]/ Я.А.Ивакин, А.М.Муся. - Труды международной научно-практической конф. по объединению науки и общества в 21 веке, 13 марта 2015г., Сент-Люис, Миссури, США, 2015. – С. 149 - 158.
130. Пантелей Е, Гусев Н.А., Вошук Г.Ю., Желонкин А.В. Мониторинг и удаленная диагностика приборов и изделий отечественного приборостроения // Труды XX Международной конференции «Проблемы управления и моделирования в сложных системах», Самара, 03-06 сентября 2018 г. –Самара: ОФОРТ, 2018. –С. 548-553. –ISBN 978-5-473-01200-2
131. Печенкин В.В., Королев М.С., Дмитров Л.В. Прикладные аспекты использования алгоритмов ранжирования для ориентированных взвешенных графов// Труды СПИИРАН. - 2018.-№6(61) – С.94 -119. DOI:10.15622/sp61.4
132. Смирнова М.С. Структурирование требований в задачах многокритериальной оптимизации сложных технических систем. Автоматизация, информатизация, инновация в транспортных системах: Сб. научно-технич. статей – СПб.: СПбГУВК, 2016. Вып. 1 – С. 36-41

133. Смирнова М.С. Оценка качества нечетких моделей / Автоматизация, информатизация, инновация транспортных систем: Сб. научно-технич. статей – СПб.: СПбГУВК. – 2017. – Вып. 2. С. 22-26.
134. Смирнова М.С. Управление производственно-технологическими комплексами в условиях неопределенности / С.А. Морозов., В.М. Балашов, М.С. Смирнова // Вопросы радиоэлектроники. 2016. Вып. 2 С. 86-89
135. Смирнова М.С. Иерархия показателей оценки качества программно-аппаратных комплексов центров обработки и хранения данных / С.А. Морозов, Я.А. Ивакин, Е.Г. Семенова, М.С. Смирнова // Научный журнал «Вестник Санкт-Петербургского государственного университета технологии и дизайна» №5 2017. С. 128-136
136. Уразбаев А. Путеводитель по Scrum [Электронный ресурс]- режим доступа [http:// www.versionone.com/agilesurveyresults.asp](http://www.versionone.com/agilesurveyresults.asp) - дата доступа: октябрь 2020г.
137. Швабер К. Софт за 30 дней. Как Scrum делает невозможное возможным [Текст] / К. Швабер, Дж. Сазерленд. - М.: Издательство «Манн, Иванов и Фербер», 2017. – 256с., ISBN 978-5-00100-768-5.
138. Юсупов Р.М. Концептуальные и научно-методологические основы информатизации [Текст] / Р.М.Юсупов, В.П.Заболотский. - СПб.: Наука, 2009.- 542с.,80 ил.
139. НИИТС [Электронный ресурс] - электронные данные, – режим доступа <http://niits.ru> – дата доступа: октябрь 2020.
140. Нечеткие множества в моделях управления и искусственного интеллекта [Текст] / под ред. Поспелова Д.А. – М.: Наука, 1986. – 396 с.
141. Николаев В. Н. Системотехника: методы и приложения [Текст] / В. Н. Николаев, В. М. Брук. - Л.: Машиностроение: Ленингр. отд-ние, 1989. – 199 с.
142. Головкин В. А. Нейронные сети: обучение, организация и применение. — М.: ИПРЖР, 2001.

143. Нейроинформатика / А. Н. Горбань, В. Л. Дунин-Барковский, А. Н. Кирдин, Е. М. Миркес, А. Ю. Новоходько, Д. А. Россиев, С. А. Терехов и др. — Новосибирск: Наука, 1998. — С. 296.
144. Тихонов А. Н., Арсенин В. Я. Методы решения некорректных задач. — М.: Наука, 2015.
145. Першиков В.И. Толковый словарь по информатике [Текст] / В.И. Першиков, В.М. Савинков. — М.: Финансы и статистика, 2001. — 264 с.
146. Попов Э.В. Экспертные системы: Решение неформализованных задач в диалоге с ЭВМ [Текст] / Э.В. Попов. - М.: Наука, 1997.- 288 с.
147. Попович В.В. Интеллектуальная ГИС в системах мониторинга [Текст] / В.В. Попович [и др.] // Труды СПИИРАН. - СПб.: Наука, 2006. - Вып. 3, т. 1.-с.45-61
148. Ратанова Т.А. Субъективное шкалирование и объективные физиологические реакции человека [Текст] / Т.А. Ратанова. — М.: Наука, 1990. — 216 с.
149. Романюк С.Г. Оценка надежности программного обеспечения [Текст] / С.Г. Романюк // Открытые системы. 1994. — №8. —С. 68-71.
150. Сазонов Б.В. К определению понятия “проектирование”. Методология исследования проектной деятельности [Текст] / Б.В. Сазонов. - М.: ЦНИПИАСС, 1993.-56 с.
151. Червинский Р.А. Методы синтеза систем в целевых программах. [Текст] -М., Наука. Гл. ред. физ.-мат. Лит., 1987. — 224с.:
152. Тернер Д. Вероятность, статистика и исследование операций [Текст] / Д. Тернер. — М. Статистика, 1976. - 431с.
153. Морозов С.А. Метод оценки и средства улучшения качества программно-аппаратных комплексов центров хранения и обработки данных/ Диссертация на соискание ученой степени кандидата технич. наук [Текст] .– СПб.: ГУАП, 2018.-196с.
154. Цаленко М.Ш. Моделирование семантики в базах данных [Текст] / М.Ш. Цаленко — М.: Наука, 2002г.-286с.

155. Строгонов А., Городков П. Современные тенденции развития ПЛИС: от системной интеграции к искусственному интеллекту [Текст] – Журнал «Электроника. Наука, технология, бизнес», №4 (00195), 2020г. – с.46-57.

156. Ежов В. Нейроморфные системы как инструмент реализации искусственного интеллекта [Текст] – Журнал «Электроника. Наука, технология, бизнес», №2 (00203), 2021г. – с.82-93, ил.

157. Шатохин А.В. Информационно-сопроводительная сеть – новый подход к эксплуатации гидроакустического вооружения // Национальная оборона. – 2020. -№ 11(28). – с. 51 – 56.

158. Шатохин А.В., Ивакин Я.А., Нештенко В.С. Координирование услуг предприятий морского приборостроения в интересах системы эксплуатации гидроакустического вооружения ВМФ [Текст] // Морской сборник – 2020, - №11 – с. 12-54

159. Шатохин А.В., Ивакин Я.А. Современный подход к участию предприятий морского приборостроения в поддержании технической готовности гидроакустического вооружения ВМФ [Текст] // Морская радиоэлектроника – 2020, - № 4 (21) – с. 56 -67.

160. Шатохин А.В. Информационная инфраструктура поддержки эксплуатации гидроакустического вооружения ВМФ предприятиями морского приборостроения [Текст] / А.В.Шатохин, Я.А.Ивакин // Гидроакустика. -2020.- № 42(2). – с.61-69.

161. Шатохин А.В., Селезнев И.А., Ивакин Я.А. Технология интеллектуального анализа данных информационно-сопроводительной сети изделий гидроакустической техники для прогнозирования отказов и неисправностей [Текст] // Научный вестник оборонно-промышленного комплекса России. – 2021. - №1(37);

162. Шатохин А.В., Селезнев И.А., Ивакин Я.А. Специфика взаимодействия предприятий морского приборостроения и служб ВМФ при эксплуатации гидроакустического вооружения в условиях цифровой трансформации эконо-

мики [Текст] // Научный вестник оборонно-промышленного комплекса России. – 2021. - №2(38);

163. Шатохин А.В., Селезнев И.А., Ивакин Я.А. Проактивный подход к созданию корпоративных информационных систем предприятий морского приборостроения [Текст] // Научный вестник оборонно-промышленного комплекса России. – 2021. - №2 -стр.5-16;

164. Шатохин А.В., Ивакин Я.А. Модель цифрового двойника жизненного цикла изделий гидроакустического вооружения ВМФ [Текст] // Гидроакустика. -2021.- № 45(1);

165. Шеннон К. Имитационное моделирование систем [Текст] / К. Шеннон. - Искусство и наука. - М.: Мир, 1978. – 418с.

166. Ю. В. Федотов, Н. В. Хованов. Методы построения сводных оценок эффективности деятельности сложных производственных систем. Научные доклады No 25(R)–2006. СПб.: НИИ менеджмента СПбГУ, 2006. – 33с.

167. Barr R. Data, Information and knowledge [Text] / R. Barr // Europe.- 1996. - v.5.- №3. – p. 14-15.

168. Blasch E. Fundamentals of Information Fusion and Applications [Text] / E. Blasch. - Tutorial, TD2, Fusion 2002.

169. Boehm B.W. Software engineering economics [Text] / B.W. Boehm. - 1989 by Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey 07632, USA -767 p.

170. Holger Knublauch, An AI tool for the real world [Text] / Holger Knublauch. Knowledge modeling with Protégé, JavaWorld.com, 06/20/03

171. Hovanov N.V. Decision support system ASPID-3W (Analysis and Synthesis of Parameters under Information Deficiency) [Text] / N.V. Hovanov, K.N. Hovanov // Certificate of the computer program official registration: Russian Federal Agency for legal safeguard of computer programs, databases, and integrated-circuit layouts (RosAPO). – Moscow. – 1996. - № 960087.

172. Jacobson, G. Situation Management: Basic Concepts and Approaches [Text] / G. Jacobson J. Buford, L. Lewis // International Workshop “Information Fu-

sion and Geographic Information Systems” (IF&GIS2007): Proc. - St.Petersburg. - May 27-29.- 2007.- pp.26-34.

173. James Owen, Open source rule management [Text] / James Owen.- InfoWord.com, November 02, 2006.

174. Nadler G. An Investigation of Design Methodology [Text] / G. Nadler. // Management Science. -1998.-V.13.-№.10.

175. Sorokin R. Intelligent Geoinformation Systems for Modeling and Simulation [Text] / R. Sorokin // The International Workshop on Harbor, Maritime and Multimodal Logistics Modeling & Simulation (HMS-2003): Proc. -Riga.- 2003. -P. 395–398.

176. Sorokin R. Application of artificial intelligence methods in geographic information systems [Text] / R. Sorokin, Y. Ivakin // International Workshop “Information Fusion and Geographic Information Systems” (IF&GIS2005): Proc.- St. Petersburg. - September 25-27.- 2005.- pp.105-114.

177. Sarma A.D., Molla A.R., Pandurangan G., Upfal E. Fast distributed pagerank computation // Theoretical Computer Science. 2015. vol. 561. pp. 113–121.

178. J.Dobrowski, M.Kulawiak, M.Moszynski, K.Bruniecki, L.Kaminski, A.Chybicki, A.Stepnowski Real-time Web-based GIS for Analysis, Visualization, and Integration of Marine Transport Environment Data / Information Fusion and Geographic Information Systems // Proceedings of the Forth International Workshop. — 2015. — Vol. 1.— Pp. 277–289.

179. M.Codescu, G.Horsinka, O.Kutz, T.Mossakowski, R.Rau DO-ROAM: Activity-Oriented Search and Transport Navigation with OpenStreetMap / GeoSpatial Semantics // Proceedings of the 6th International Conference, GeoS 2015. — 2015. —Pp. 88-108.

180. Hovanov N.V. Decision support system ASPID-3W (Analysis and Synthesis of Parameters under Information Deficiency) [Text] / N.V. Hovanov, K.N. Hovanov // Certificate of the computer program official registration: Russian Federal Agency for legal safeguard of computer programs, databases, and integrated-circuit layouts (RosAPO). – Moscow. – 1996. - № 960087.

181. Nadler G. An Investigation of Design Methodology [Text] / G. Nadler. // Management Science. -2017.-V.13.-№.10.
182. James A. Highsmith. Agile Software Development Ecosystems. — Addison-Wesley Professional, 2002.
183. Steve McConnell. Software Estimation: Demystifying the Black Art (Developer Best Practices) – New York, Microsoft Press, 2006. – 610p.
184. Steve McConnell. Code Complete: A Practical Handbook of Software Construction – New York, Microsoft Press, 2004. – 889p.
185. Habrahabr.ru [Электронный ресурс]: DPI – Deep Packet Inspection - электронные данные, – режим доступа <https://habr.com/ru/post/111054/> – дата доступа: октябрь 2020.
186. Ntop [Электронный ресурс] - электронные данные, – режим доступа <https://www.ntop.org> – дата доступа: октябрь 2020.
187. Software Engineering and Information Assurance CMMI [Электронный ресурс] - электронные данные, – режим доступа <https://www.sei.cmu.edu/research-capabilities/software-engineering-information-assurance/index.cfm> – дата доступа: октябрь 2020.
188. Shannon C. The Mathematical Theory of Communication [Текст] / Shannon C., Weaver W. // Urbana: University of Illinois Press, 1969. – 125 p.
189. Kempe V. Inertial MEMS. Principle and Practice. –Cambridge University Press. –2011. –497 p.
190. Sigma Knowledge Engineering Environment [Электронный ресурс] - электронные данные, – режим доступа URL: <http://sigmakee.sourceforge.net>. Дата доступа: октябрь 2020г.
191. Waters R.L. Factors Influencing the Noise Floor and Stability of a Time Domain Switched Inertial/ Waters R.L., Fralick M., Jacobs D., Abassi S., Dao R., Carbonari D., Abramov G., Maurer G.// Position Location and Navigation IEEE Symposium -PLANS, 2012, pp. 1099-1105.
192. White F.E. A Model for Data Fusion [Text] / F.E. White // 1st National Symposium on Sensor Fusion: Proc. – 2011.

193. Bartlett P. The sample complexity of pattern classification with neural networks: the size of the weights is more important than the size of the network // IEEE Transactions on Information Theory. — 1998. — Vol. 44, no. 2. — Pp. 525–536. <http://discus.anu.edu.au/~bartlett>.
194. Durbin R., Rummelhart D. E. Product units: A computationally powerful and biologically plausible extension to backpropagation networks // Neural Computation. — 1989. — Vol. 1, no. 4. — Pp. 133–142.
195. Hassibi B., Stork D. G. Second order derivatives for network pruning: Optimal brain surgeon // Advances in Neural Information Processing Systems / Ed. by S. J. Hanson, J. D. Cowan, C. L. Giles. — Vol. 5. — Morgan Kaufmann, San Mateo, CA, 1993. — Pp. 164–171. <http://citeseer.ist.psu.edu/hassibi93second.html>.
- Hastie T., Tibshirani R., Friedman J. The Elements of Statistical Learning. — Springer, 2001.
196. LeCun Y., Bottou L., Orr G. B., Muller K.-R. Efficient BackProp // Neural Networks: tricks of the trade. — Springer, 1998.
197. LeCun Y., Denker J., Solla S., Howard R. E., Jackel L. D. Optimal brain damage // Advances in Neural Information Processing Systems II / Ed. by D. S. Touretzky. — San Mateo, CA: Morgan Kauffman, 1990. <http://citeseer.ist.psu.edu/lecun90optimal.html>.
198. Rummelhart D. E., Hinton G. E., Williams R. J. Learning internal representations by error propagation // Vol. 1 of Computational models of cognition and perception, chap. 8. — Cambridge, MA: MIT Press, 1986. — Pp. 319–362.
199. Smola A., Bartlett P., Scholkopf B., Schuurmans D. Advances in large margin classifiers. — MIT Press, Cambridge, MA. — 2000. <http://citeseer.ist.psu.edu/article/smola00advances.html>.
200. Hopfield J., Tank D. Neurel computation of decision in optimization problems. Biol. Cybernet., 1985, vol. 52.
201. Kohonen T. Self-Organizing Maps. Springer-Verlag, 2 n d ed., 1997.

202. Addressing the Rare Word Problem in Neural Machine Translation / T. Luong et al. // Proc. 53rd ACL and the 7th IJCNLP, Vol. 1: Long Papers, Beijing, China: ACL, 2015. — P. 11-19.
203. Adversarial Autoencoders / A. Makhzani et al. // arXiv, 2015. <http://arxiv.org/abs/1511.05644>.
204. Aggarwal C. C., Reddy C. K. Data Clustering: Algorithms and Applications, Chapman and Hall/CRC, 2013.
205. Application Of Pretrained Deep Neural Networks To Large Vocabulary Speech Recognition / N. Jaitly et al. // Proceedings of Interspeech 2012, 2012.
206. Arjovsky M., Chintala S., Bottou L Wasserstein Generative Adversarial Networks // Proc. 34th ICML / vol. 70 of Proceedings of Machine Learning Research, PMLR, 2017. — P. 214-223.
207. Arjovsky M.y Shah A., Bengio Y. Unitary Evolution Recurrent Neural Networks // arXiv, 2015. <http://arxiv.org/abs/1511.06464>.
208. Ask Me Anything: Dynamic Memory Networks for Natural Language Processing / A. Kumar et al. // arXiv, 2015. <http://arxiv.org/abs/1506.07285>.
209. Asynchronous Methods for Deep Reinforcement Learning / V. Mnih et al. // ArXiv, 2016. <http://arxiv.org/abs/1602.01783>.
210. Attention Is All You Need / A. Vaswani et al. // arXiv, 2017. <http://arxiv.org/abs/1706.03762>.
211. Auer P.y Cesa-Bianchi N., Fischer P. Finite-Time Analysis of the Multiarmed Bandit Problem // Machine Learning, 2002, vol. 47, no. 2-3. — P. 235-256.
212. The Author-Topic Model for Authors and Documents / M. Rosen-Zvi et al. // Proc. 20th UAI, Arlington, VI, United States: AUAI Press, 2004. — P. 487-494.
213. BaJ., Mnih V.f Kavukcuoglu K. Multiple Object Recognition with Visual Attention // arXiv, 2014. <http://arxiv.org/abs/1412.7755>.
214. Ba L.J.y Kiros R.f Hinton G. E. Layer Normalization // arXiv, 2016. <http://arxiv.org/abs/1607.06450>.

215. Bachman P.f Precup D. Variational Generative Stochastic Networks with Collaborative Shaping // Proc. 32nd ICML, 2015. - P. 1964-1972.
216. Back-Propagation Applied to Handwritten Zip Code Recognition / Y. LeCun et al. // Neural Computation, 1989, vol. 1, no. 4. — P. 541-551.
217. A Backward Progression of Attentional Effects in the Ventral Stream / E. A. Buffalo et al. // Proc. National Academy of Sciences, 2010, vol. 107, no. 1. — P. 361-365.
218. Bahdanau D., Cho K., Bengio Y. Neural Machine Translation by Jointly Learning to Align and Translate //arX iv, 2014. <http://arxiv.org/abs/1409.0473>.
219. Baker C. L., Saxe R., Tenenbaum J. B. Bayesian Theory of Mind: Modeling Joint Belief-Desire Attribution // Proc. 33th CogSci, 2011.
220. Ballard D. H. Modular Learning in Neural Networks // Proc. AAAI, 1987. — P. 279-284.
221. Ballesteros M., Dyer C., Smith N. A. Improved Transition-based Parsing by Modeling Characters instead of Words with LSTMs // Proc. EMNLP 2015, Lisbon, Portugal: ACL, 2015. — P. 349-359.
222. Baltescu P., Blunsom P. Pragmatic Neural Language Modelling in Machine Translation // NAACL HLT 2015, 2015. - P. 820-829.
223. Banchs R. E. Movie-DiC: A Movie Dialogue Corpus for Research and Development // Proc. 50th ACL: Short Papers - Volume 2, Stroudsburg, PA, USA: ACL, 2012. — P. 203-207.
224. Barber D., Bishop C. Ensemble Learning in Bayesian Neural Networks // Neural Networks and Machine Learning, Springer, 1998. — P. 215-237.
225. Baroni M.y Zamparelli R. Nouns Are Vectors, Adjectives Are Matrices: Representing Adjective-noun Constructions in Semantic Space // Proc. EMNLP 2010, Stroudsburg, PA, USA: ACL, 2010. - P. 1183-1193.
226. Barto A. G., Sutton R. S., Anderson C. W. Neuronlike Adaptive Elements That Can Solve Difficult Learning Control Problems // Artificial Neural Networks / Piscataway, NJ, USA: IEEE Press, 1990. - P. 81-93.

227. Batch Normalized Recurrent Neural Networks / C. Laurent et al. //2016 IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP), March 2016. — P. 2657-2661.
228. BaxterJBartlett P. L. Infinite-Horizon Policy-Gradient Estimation //Journal of Artificial Intelligence Research, 2001, vol. 15, no. 1. — P. 319-350.
229. Bengio Y. Learning Deep Architectures for AI / / Foundations and Trends in Machine Learning, 2009, vol. 2, no. 1. — P. 1-127.
230. Bengio Y., CouvilleA. C., Vincent P. Unsupervised Feature Learning and Deep Learning: A Review and New Perspectives / / arXiv, 2012. <http://arxiv.org/abs/1206.5538>.
231. Bengio Y.y Ducharme R., Vincent P. A Neural Probabilistic Language Model //Journal of Machine Learning Research, 2003, vol. 3. — P. 1137-1155.
232. Bengio Y., Thibodeau-Laufer E., Yosinski J. Deep Generative Stochastic Networks Trainable by Backprop // arXiv, 2013. <http://arxiv.org/abs/1306.1091>.
233. BianJ., Gao B.t Liu T-Y. Knowledge-Powered Deep Learning for Word Embedding // Machine Learning and Knowledge Discovery in Databases / Springer, 2014. — P. 132-148.
234. Bickel S., BrucknerM.y Scheffer T. Discriminative Learning under Covariate Shift //Journal of Machine Learning Research, 2009, vol. 10, no. Sep. — P. 2137-2155.
235. Bishop C. M. Pattern Recognition and Machine Learning, Springer, 2006. 45. Blei D. M., Jordan M. I., Paisley J. W. Variational Bayesian Inference with Stochastic Search // Proc. 29th ICML, New York, NY, USA: ACM, 2012. - P. 1367-1374.
236. Blei D. M., LaffertyJ. D. Correlated Topic Models / / Advances in Neural Information Processing Systems, 2006, vol. 18.
237. Blei D. M.y NgA. Y.Jordan M. I. Latent Dirichlet allocation //Journal of Machine Learning Research, 2003, vol. 3, no. 4-5. — P. 993-1022.

238. Bliss T. V.y Collingridge G. L. A Synaptic Model of Memory: Long-Term Potentiation in the Hippocampus // Nature, 1993, vol. 361, no. 6407. — P. 31-39.
239. BothaJ. A.y Blunsom P. Compositional Morphology for Word Representations and Language Modelling// Proc. 31th ICML, 2014. - P. 1899-1907.
240. Boulanger-lewandowski N.y Bengio Y., Vincent P. Modeling Temporal Dependencies in High Dimensional Sequences: Application to Polyphonic Music Generation and Transcription // Proc. 29th ICML, New York, NY, USA: ACM, 2012. - P. 1159-1166.
241. Boureau Y.-L., PonceJ.y LeCun Y. A Theoretical Analysis of Feature Pooling in Visual Recognition// Proc. 27th ICML, Omnipress, 2010.— P. 111-118.
242. Bozeman S. R.f Potts C., Manning C. D. Learning Distributed Word Representations for Natural Logic Reasoning/ / arXiv, 2014. <http://arxiv.org/abs/1410.4176>.
243. Bozsmán S. R., Potts C., Manning C. D. Recursive Neural Networks for Learning Logical Semantics // arXiv, 2014. <http://arxiv.org/abs/1406.1827>.
244. Bradshazi) R., Citro C., Seljebotn D. Cython: The Best of Both Worlds / / CiSE 2011 Special Python Issue, 2010. — P. 25.
245. Breaking Sticks and Ambiguities with Adaptive Skip-gram / S. Bartunov et al. // Proc. 19th International Conference on Artificial Intelligence and Statistics, AISTATS 2016, Cadiz, Spain, May 9-11, 2016, 2016. - P. 130-138.
246. Bride A.y Van de Cruys T.y Asher N. A Generalisation of Lexical Functions for Composition in Distributional Semantics // Proc. 53rd ACL and the 7th IJCNLP, Vol. 1: Long Papers, Beijing, China: ACL, 2015. - P. 281-291.
247. Brozvn N.y Sandholm T. Safe and Nested Endgame Solving for Imperfect-Information Games // Proc. AAAI-17 Workshop on Computer Poker and Imperfect Information Games, 2017.
248. Brozmlée J. Sequence Classification with LSTM Recurrent Neural Networks in Python with Keras, 2016. <http://machinelearningmastery.com/>.

249. Ручьев А.Г., Ивакин Я.А., Семенова Е.Г., Смирнова М.С. Схема данных для представления жизненного цикла изделий наукоемкого приборостроения при волнометрических исследованиях – «Наука и бизнес: пути развития», №2 -2021г.;

250. Ручьев А.Г., Ивакин Я.А., Балашов В.М., Смирнова М.С. Интеграция данных в рамках квалиметрической модели цифрового двойника жизненного цикла изделий наукоемкого авиаприборостроения – «Наука и бизнес: пути развития», №3 -2021г.

251. Ручьев А.Г., Балашов В. М., Ивакин Я.А., Семенова Е.Г., Смирнова М.С. Особенности формирования и совершенствования структуры информационно-мониторинговых сетей//Вопросы радиоэлектроники. - 2021. – №4.

252. Ручьев А.Г., Балашов В. М., Ивакин Я.А., Семенова Е.Г., Смирнова М.С. Постановка задачи синтеза структуры информационно-мониторинговой сети изделий наукоемкого приборостроения// Вопросы радиоэлектроники. - 2021. – №4.

Приложение А

ПРИМЕР БАЗОВОЙ МЕТОДИКИ ФОРМИРОВАНИЯ ИНФОРМАЦИОННО-МОНИТОРИНГОВОЙ СЕТИ ДАННЫХ О ЭКСПЛУАТАЦИИ И ПОДДЕРЖАНИИ ТЕХНИЧЕСКОЙ ГОТОВНОСТИ ЕДИНИЦЫ ПРОДУКЦИИ (ИЗДЕЛИЯ)

Базовая методика формирования информационно-мониторинговых сетей данных об эксплуатации и поддержании технической готовности конкретных типов продукции - изделий наукоемкого приборостроения сводится к последовательному воплощению в жизнь следующих основных шагов:

1.) Формированию исходного множества возможных методов проектирования решений стоящих перед информационно-мониторинговой сетью узконаправленных задач информационной поддержки эксплуатации и проведение их сравнения;

2.) Принятие решения о принятом базовом методе проектирования решения стоящих перед информационно-мониторинговой сетью узконаправленных задач информационной поддержки эксплуатации;

3.) Формулировка прикладной методики проведения работ по развертыванию (формированию) информационно-мониторинговой сети на основе функционала соответствующих узловых программно-аппаратных комплексов (ПАК) и возможностей телекоммуникации между ними в сети Internet, увязывающей системную реализацию всех стоящих задач на основе принятого базового метода решения стоящих перед информационно-мониторинговой сетью узконаправленных задач информационной поддержки эксплуатации;

4.) Практическая реализация методики, сформулированной на предыдущем шаге.

Детализация существа указанных шагов позволяет раскрыть суть процесса формирования информационно-мониторинговых сетей данных об эксплуатации и поддержании технической готовности конкретных типов продукции наукоем-

кого приборостроения на основе анализа существующих методологических подходов к обоснованию варианта их формирования.

П1.1. Методы проектирования решений стоящих перед информационно-мониторинговой сетью узконаправленных задач информационной поддержки эксплуатации и их сравнительная характеристика

Сравнительный анализ возможных методов решения стоящих перед информационно-мониторинговой сетью узконаправленных задач информационной поддержки эксплуатации традиционно начинается с формирования исходного множества таких методов. В процессе такого формирования были обобщены известные практики выполнения проектов по решению задач, аналогичных задачам информационной поддержки эксплуатации продукции наукоемкого приборостроения. В результате удалось получить исходное информационное поле для проведения сравнения возможных методов решения частных задач информационной поддержки эксплуатации и обоснованного выбора соответствующего базового метода. Указанное исходное множество возможных методов (в т.ч. различных частных методик, моделей, способов и пр.) решения стоящих задач приведено в Таблице П1.1.

Традиционно информационно-мониторинговые сети в базовом (начальном) варианте должны решать четыре основные задачи. Такой комплекс задач является минимальным, большая номенклатура функциональных задач является конструктивно-содержательной сервисной опцией над основным, указанным набором прикладного функционала.

К указанным задачам, согласно общепринятым подходам отнесены следующие задачи:

I. Непрерывный подбор(сбор) и актуализация текущих формализованных данных о эксплуатабельности, работоспособности и возникающих отказах приборного состава единиц мониторируемой продукции (*Сокращенно: Сбор данных об отказах и работоспособности продукции*);

Таблица П1.1. - Множество возможных методов проектирования решений стоящих перед информационно-мониторинговой сетью задач

№ п/п	Название метода	Краткое описание существа метода	Краткий идентификатор
1.	Метод последовательного, сходящегося быстрого прототипирования предлагаемых технических решений	Все технические решения прорабатываются путем создания экспериментальных прототипов, по принципу от общего к частному, от более простого к более сложному. Метод затратен, эффективен на задачах малой размерности.	Быстрое прототипирование
2.	Метод каскадной разработки, проектирования, создания и испытаний	Строго последовательный метод разработки и проектирования новых технических решений. Наименее эффективен, нагляден, соответствует действующей нормативно-технической базе.	Каскадные разработка и проектирование
3.	Метод последовательно-итеративной разработки научно-технических решений	Разработка и проектирование осуществляется поэтапно и последовательно, но в рамках каждого этапа разработка осуществляется	Последовательно-итеративная разработка
4.	Метод принятия эталонного технического решения и адаптации его к условиям применения нового технического решения	Принятие за основу какого-либо уже известного, аналогичного технического решения и адаптация, доработка его к условиям, требованиям к новому техническому решению	Структурных аналогий
5.	Метод систематизированного мозгового штурма (экстремального программирования)	Первоначальный проект декомпозируется на составные части, отдельные группы разработчиков проектируют каждую отдельную часть, после чего производится их интеграция. Применим при дефиците времени на разработку, высокие риски.	XP-разработка
6.	Метод высоко итеративной разработки проектов (SCRUM-метод управления проектами разработки)	Разработка и проектирование осуществляется командно, через регулярно проводимые акты интеграции (сборки). Несоответствия компенсируются высокой итеративностью актов согласования.	SCRUM

II. Поддержание сводной БД по ходу реализации основного и поздних этапов жизненного цикла мониторируемого вида (типа, серии, партии и пр.) продукции (*Сокращенно: Ведение БД по ЖЦ единиц продукции*);

III. Обоснование и надзор за распределением ресурсов для подпроцессов поддержания технической готовности единиц продукции наукоемкого приборостроения и пополнения соответствующего ЗИП (*Сокращенно: Контроль ресурсов ремонта и ЗИП продукции*);

IV. Создание информационно-коммуникационной платформы для быстрого и прямого консультирования эксплуатантов по нетиповым вариантам выполнения сложных ремонтов и устранения отказов (*Сокращенно: Консультационно-компетентностная поддержка*).

Принятие решения о принятом базовом методе проектирования решения стоящих перед информационно-мониторинговой сетью узконаправленных задач информационной поддержки эксплуатации осуществляется путем установления применимости указанных методов проектирования к стоящим задачам. Установление такого соответствия наглядно показано в Таблице П1.2.

Таблица П1.2. – Применимость различных методов проектирования для решения минимальной номенклатуры функциональных задач сети

Методы решения проектирования	1. Быстрое прототипирование	2. Каскадных разработки и проектирования	3. Последовательно-итеративная разработка	4. Структурных аналогий	5. XP-разработка	6. SCRUM
Задачи сети						
I. Сбор данных об отказах и работоспособности продукции						
II. Ведение БД по ЖЦ единиц продукции						
III. Контроль ресурсов ремонта и ЗИП продукции						
IV. Консультационно-компетентностная поддержка						

Пример результатов сравнительного анализа, показанный в Таблице П1.2., позволяют наглядно увидеть, что только метод последовательно-итеративной разработки программно-технических решений, позволяет полноценно решить все задачи, стоящие перед конкретной проектируемой информационно-мониторинговой сетью определенного типа продукции наукоемкого приборостроения. В силу указанного способа определения соответствующий метод да-

лее принимается за основной для формирования прикладной методики проведения работ по развертыванию информационно-мониторинговой сети на основе функционала соответствующих узловых ПАК и возможностей телекоммуникации между ними в сети Internet.

П1.2. Прикладная методика проведения работ по развертыванию (формированию) информационно-мониторинговой сети

Прикладная методика проведения работ по развертыванию (формированию) информационно-мониторинговой сети разрабатывается как локализация базового метода проектирования решения стоящих перед информационно-мониторинговой сетью узконаправленных задач информационной поддержки эксплуатации. Методика включает в себя 8 последовательных, укрупненных этапов выполнения всех указанных задач. При этом подразумевается, что все подэтапы каждого этапа могут выполняться итеративно и многократно, до достижения требуемого уровня разработки.

Как правило, прикладная методика проведения работ по развертыванию (формированию) информационно-мониторинговой сети продукции наукоемкого приборостроения в себя включает следующие этапы:

1. Общий анализ предметной области разработки, поставки и реализации заданного типа, вида или серии продукции наукоемкого приборостроения. Определение принципов и конструктива разработки соответствующей информационно-мониторинговой сети.

1.1. Анализ общего спектра прикладных задач из предметных областей эксплуатации заданного типа, вида или серии продукции наукоемкого приборостроения, подлежащих автоматизации и информатизации с использованием информационно-мониторинговой сети;

1.2. Изучение существующих классов архитектур информационно-мониторинговых сетей, в том числе уже развернутых или создаваемых. Рассмотрение возможностей их использования как паттернов в проектировании текущей сети;

- 1.3. Анализ возможностей существующих источников информации по ходу эксплуатации, стандартизированных баз данных и пр. для обеспечения функционирования проектируемой сети;
 - 1.4. Проведение патентных исследований в области средств разработки, проектирования и реализации конкретной информационно-мониторинговой сети;
 - 1.5. Проведение анализа существующей перспективной отечественной базы программных и технических средств, необходимых для реализации конкретной информационно-мониторинговой сети;
 - 1.6. Сопоставление полученных данных и результатов проектирования по пп.1.1. – 1.5. с целью определения основных узлов, абонентов и каналов связи в рамках архитектуры конкретной информационно-мониторинговой сети;
 - 1.7. Обобщение результатов анализа предметных областей разработки, поставки и реализации заданного типа, вида или серии продукции наукоемкого приборостроения в виде систематизированного перечня принципиальных технических решений и конструктивных приемов формирования (построения) соответствующей информационно-мониторинговой сети.
2. Определение, обоснование и синтез конкретизированной архитектоники информационно-мониторинговой сети;
 - 2.1. Синтез общей структуры ПАКов и определение основных составных частей информационно-мониторинговой сети;
 - 2.2. Определение программно-технического облика каждой из основных составных частей информационно-мониторинговой сети;
 - 2.3. Формирование понимания состава средств сопряжения ПАК из состава информационно-мониторинговой сети с источниками потоковой информации для их выполнения.

3. Обоснование технических путей построения системы телекоммуникаций в составе информационно-мониторинговой сети;

3.1. Формирование общего множества альтернативных вариантов построения системы телекоммуникаций в составе информационно-мониторинговой сети. Формирование граничных условий на указанное множество, а также соответствующую совокупность методов обмена информацией;

3.2. Определение системы критериев выбора технических путей построения системы телекоммуникаций в составе информационно-мониторинговой сети из множества по пп.3.1.;

3.3. Осуществление ранжировки множества альтернативных вариантов построения системы телекоммуникаций в составе информационно-мониторинговой сети в соответствии с системой критериев выбора технических путей построения, обоснованной в пп.3.2.;

3.4. Принятие итогового решения по определению технических путей построения системы телекоммуникаций в составе информационно-мониторинговой сети. Верификация принятого проектно-конструкторского решения;

3.5. Подготовка необходимых априорных данных для проверки выбранного приоритетного варианта построения системы телекоммуникаций в составе информационно-мониторинговой сети, в ходе экспериментирования;

4. Обоснование технических путей создания функционального программного обеспечения для соответствующих сетевых сервисов;

4.1. Определение сводного поля различных технико-концептуальных схем создания функционального программного обеспечения для соответствующих сетевых сервисов в рамках текущей информационно-мониторинговой сети;

- 4.2. Формирование совокупности показателей и условий выбора рациональных вариантов искомого функционального программного обеспечения для соответствующих сетевых сервисов;
- 4.3. Осуществление акта выбора рациональных технических путей создания указанного функционального ПО;
- 4.4. Формирование эталонных данных для проверки наибольшей рациональности принятого за основной варианта создания функционального программного обеспечения для соответствующих сетевых сервисов при натурном эксперименте;
5. Обоснование технических путей построения центрального сервера для интегрированной БД информационно-мониторинговой сети;
 - 5.1. Сбор совокупности системологических схем построения серверов для интегрированной БД информационно-мониторинговой сети;
 - 5.2. Задание критериев обоснованного отбора оптимального варианта схемы построения сервера для интегрированной БД информационно-мониторинговой сети;
 - 5.3. Решение задачи обоснования и отбора оптимального варианта схемы построения искомого сервера;
 - 5.4. Теоретическая верификация результатов обоснования и отбора оптимального варианта схемы построения сервера интегрированной БД информационно-мониторинговой сети;
 - 5.5. Подготовка необходимых данных для проведения проверки оптимальности принятого варианта схемы построения сервера для интегрированной БД информационно-мониторинговой сети;
6. Проведение анализа технологий автоматизированного создания программного обеспечения, специализированных функций удаленной поддержки эксплуатантов;
 - 6.1. Получение обобщенных, актуальных данных по современным и перспективным базовым информационным технологиям автоматизиро-

ванного создания программного обеспечения, специализированных функций удаленной поддержки эксплуатантов;

6.2. Систематизация и обобщение требований к базовым информационным технологиям автоматизированного создания ПО, специализированных функций удаленной поддержки эксплуатантов;

6.3. Непосредственное проведение искомого анализа: определение приоритетности отобранных, согласно 6.1., информационных технологий;

6.4. Подготовка априорной информации для проверки результатов проведенного анализа в ходе натурального экспериментирования;

7. Постановка задач и комплексирование соответствующей априорной информации для проведения экспериментальных исследований работоспособности и рациональности принятых технических и конструкторских решений на этапах 2-6 и оценка итоговых технических, функциональных характеристик проектируемой и формируемой информационно-мониторинговой сети;

8. Практическая реализация принятых технических и конструкторских решений на этапах 2-6. Итоговое обобщение и оценка практических результатов практического формирования информационно-мониторинговой сети.

Приложение Б

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ПО ПЕРЕДАЧЕ ДАННЫХ В ИНФОРМАЦИОННО-МОНИТОРИНГОВЫХ СЕТЯХ ПРОДУКЦИИ НАУКОЕМКОГО ПРИБОРОСТРОЕНИЯ - СЕТИ, ТОЛЕРАНТНЫЕ К ЗАДЕРЖКАМ (ПРОТОКОЛЫ DTN)

Для передачи данных в информационно-мониторинговых сетях продукции наукоемкого приборостроения актуальным является решение задачи бесперебойной передачи информации о наблюдаемом срезе состояния всех контролируемых единиц продукции. Одним из инновационных решений этой задачи считается внедрение сетей, толерантных к задержкам (DTN).

Современный протокол TCP/IP, на который является основополагающим для глобальной сети Интернет, предполагает, что пакет данных имеет относительно небольшой размер, может быть доставлен очень быстро и не нуждается в длительном хранении. Если следующий узел маршрута не доступен, возвращается соответствующий ответ, и пакет удаляется [17].

DTN — это сеть, состоящая из набора сетей. Это оверлей над сетями специального назначения, включая Интернет. Архитектура DTN охватывает концепцию периодически подключенных сетей, которые страдают от частых разрывов и могут состоять из более чем одного смешанного набора протоколов или семейств протоколов.

DTN поддерживает совместимость с другими сетями подстраиваясь под длительные разрывы и задержки связи между и в сетях, и перекодирования протоколов передачи данных сетей. Предоставляя данные функции, DTN соответствует мобильности и ограниченности мощности развивающихся беспроводных средств коммуникации.

DTN были изначально разработаны для условий межпланетного использования, где даже скорость света может казаться медленной и устойчивость к задержкам необходима. Несмотря на это, DTN может получить разнообразное

применение и на Земле. DTN могут использовать разнообразные виды беспроводной связи: радиочастоты (РЧ), сверхширокие полосы пропускания (UWB), атмосферные оптические линии связи (FSO), акустические (сонары или ультразвуковая связь) технологии [17].

Передача данных в Интернете основывается на коммутации пакетов. Пакет — это часть блока пользовательской информации, которая передается независимо от источника к пункту назначения по сети каналов, соединенных роутерами. Роутеры переключают направление движения пакетов. Источник, назначение и роутеры обобщены под названием «узлы».

Каждый пакет, формирующий сообщение, может выбрать разные пути в сети роутеров. Если один из каналов отключен, роутер перенаправляет пакеты к альтернативному каналу, что показано на Рисунке П2.1.

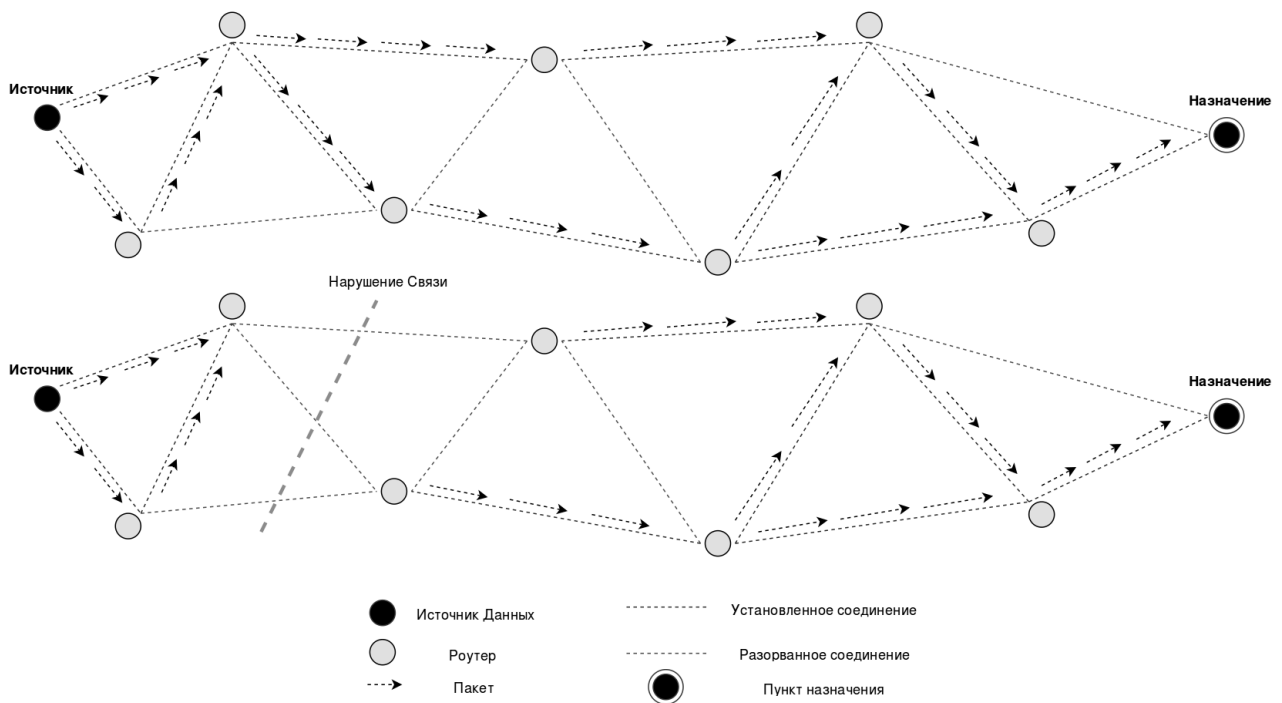


Рисунок П2.1. — Схема передачи данных DTN

Существующие Интернет-протоколы не слишком хорошо работают с некоторыми средами, в связи с некоторыми фундаментальными предпосылками, встроенными в Интернет архитектуру:

- сквозной маршрут между источником и пунктом назначения существует в рамках сеанса связи;

- (для надежного соединения) ретрансляция, основанная на своевременной и стабильной обратной связи с устройствами приема данных, является эффективным средством исправления ошибок;
- сквозные потери сравнительно небольшие;
- все маршрутизаторы и конечные точки сети поддерживают TCP/IP протоколы;
- приложения не должны заботиться о качестве соединения;
- механизмы безопасности в конечных точках сети достаточны для разрешения большинства проблем безопасности;
- выбор единственного маршрута между отправителем и получателем достаточен для достижения удовлетворительного качества соединения.

DTN архитектура предложена для ослабления большинства этих предпосылок, основываясь на наборе принципов разработки:

- использование сообщений произвольной длины (не потоков и пакетов, ограниченных по размеру) в качестве сетевой абстракции для улучшения способности сети планировать/выбирать маршрут при возможности;
- использование синтаксиса присваивания имен, который поддерживает широкий перечень протоколов для улучшения совместимости;
- использование хранилища в самой сети для поддержки операций хранения и передачи по нескольким маршрутам, и в потенциально продолжительные периоды времени (т. е. поддержка функционирования в средах, где может существовать много или ни одного стыковочного маршрута); не требует надежности сквозной передачи данных;
- предоставление механизмов защиты, которые защищают инфраструктуру от несанкционированного доступа сбрасыванием трафика как можно быстрее.

DTN преодолевают проблемы, связанные с разрывами связи, долгими или переменными задержками, асимметричными темпам обработки данных, высокой частотой ошибок, используя коммутацию сообщений с промежуточным хранением. Целое сообщение (единые блоки пользовательских данных) — или

части (фрагменты) сообщений перемещаются (передаются) из хранилища в одном узле в хранилище на другом узле, по каналу связи, в конце концов достигая пункта назначения (Рисунок П2.2).

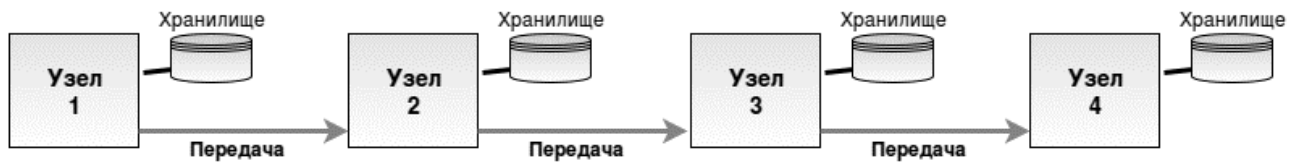


Рисунок П2.2. - Передача данных по узлам в DTN

Хранилище (например, винчестер) может сохранять сообщения безгранично долго (т. н. устройства постоянного хранения). Интернет роутеры используют микросхемы памяти и буферы для хранения (создания очереди) входящих пакетов на миллисекунды пока они ожидают следующего транзитного перехода на доступный исходящий порт.

DTN роутеры нуждаются в устройствах постоянного хранения для своих очередей по причинам:

- канал связи до следующего перехода может быть недоступен в течении долгого времени;
- один узел в сообщаемой паре может получать или посылать данные быстрее или надежнее, чем второй узел;
- сообщение, переданное однажды, возможно понадобится заново посылать, если произошла ошибка в верхних узлах (ближе к пункту назначения), или если верхний узел отказывается принимать передаваемое сообщение.

Передавая целое сообщение (или его фрагменты) за один трансфер, техника коммутации сообщений предоставляет узлам связи непосредственную информацию о размере сообщения и, таким образом, о требованиях к промежуточному хранению и частоте ретрансляции.

Растущее число современных средств связи пребывают в движении и функционируют на ограниченном энергетическом ресурсе. Когда сообщаемые узлы находятся в движении, каналы связи могут блокироваться объектами-

помехами. Когда узлы переходят в режим сохранения энергии или в режим секретности, каналы связи перекрываются.

В условиях Интернета, связь с перебоями вызывает потерю данных. Пакеты, которые не удастся немедленно передать обычно отбрасываются, и протокол TCP ретранслирует их с медленным темпом. Если отбрасывание пакетов слишком сильно выражено, TCP завершает сессию, что может вызвать ошибки в приложениях.

Сетевые узлы должны осуществлять связь в не плановые периоды. Движущиеся люди, наземные и воздушные транспортные средства, спутники могут осуществлять соединение и обмениваться информацией, когда они находятся в зоне видимости и достаточно близко, используя свой ограниченный энергетический ресурс.

Например, беспроводные мобильные устройства могут быть перемоделированы для отправления и получения информации, когда индивиды, несущие устройство, попадают в зону покрытия других устройств или информационных терминалов.

Запланированные контакты могут включать пересылку сообщений между узлами, которые не связаны на прямую. Они также могут потребовать хранение информации до тех пор, пока не появится возможность передачи.

Архитектура DTN имплементирует коммутацию сообщений с промежуточным хранением накладывая новый протокол передачи, называемый протоколом Bundle, поверх протоколов нижнего уровня (Рисунок П2.3.).

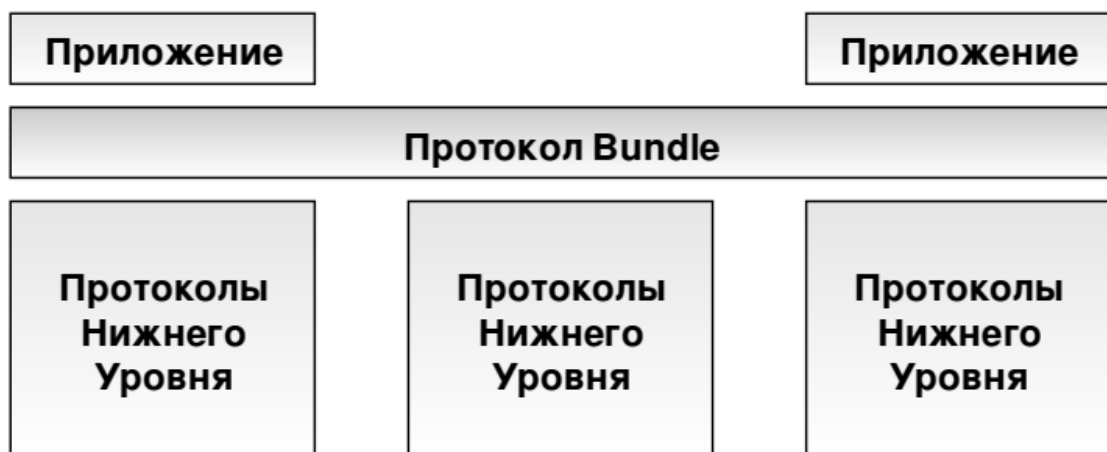


Рисунок П2.3. — Протоколы передачи данных.

Сквозной, ориентированный на информационный обмен оверлей Bundle существует на уровне выше транспортного (или прочих) уровней сети, для которой он развернут, и ниже уровня приложений (Рисунок П2.4). Устройства, имплементирующие слой bundle называются DTN узлами. Слой bundle формирует оверлей, который осуществляет постоянное хранение, для борьбы с прерываниями сети.



Рисунок П2.4.- Оверлей протокола Bundle

Протокол bundle связывает вместе протоколы нижнего уровня с той целью, чтоб приложения могли осуществлять связь по одинаковым или различным протоколам нижнего уровня в условиях сетей с задержками и прерываниями.

Агент протокола bundle хранит и передает целые бандлы (пакеты) (или фрагменты пакетов) между узлами. Единый протокол bundle используется по всей DTN, в отличие от протоколов нижнего уровня, которые подбираются под характеристики каждой среды передачи данных.

Для DTN, узел — это объект с агентом протокола bundle, перекрывающий протоколы передачи данных нижнего уровня. В любой момент времени, узел может выполнять роль источника, пункта назначения, или передатчика бандлов.

В Интернете, TCP протокол отвечает за надежность сквозной передачи данных (от источника к назначению), ретранслируя любой сегмент, который не

подтвержден пунктом назначения. Сетевой, канальный и физический протоколы предоставляют другие виды услуг по сохранению целостности данных. В DTN, протокол bundle полагается на эти низкоуровневые протоколы для обеспечения надежности соединения.

Тем не менее, узлы DTN прекращают работу низкоуровневых транспортных протоколов. Протокол bundle самостоятельно поддерживает сквозной обмен данными. Бандлы обычно передаются автоматически, от одного узла к другому, независимо от остальных бандлов (исключая требующих подтверждения), хотя агент bundle может дробить один бандл на несколько фрагментов (Рисунок П2.5.).

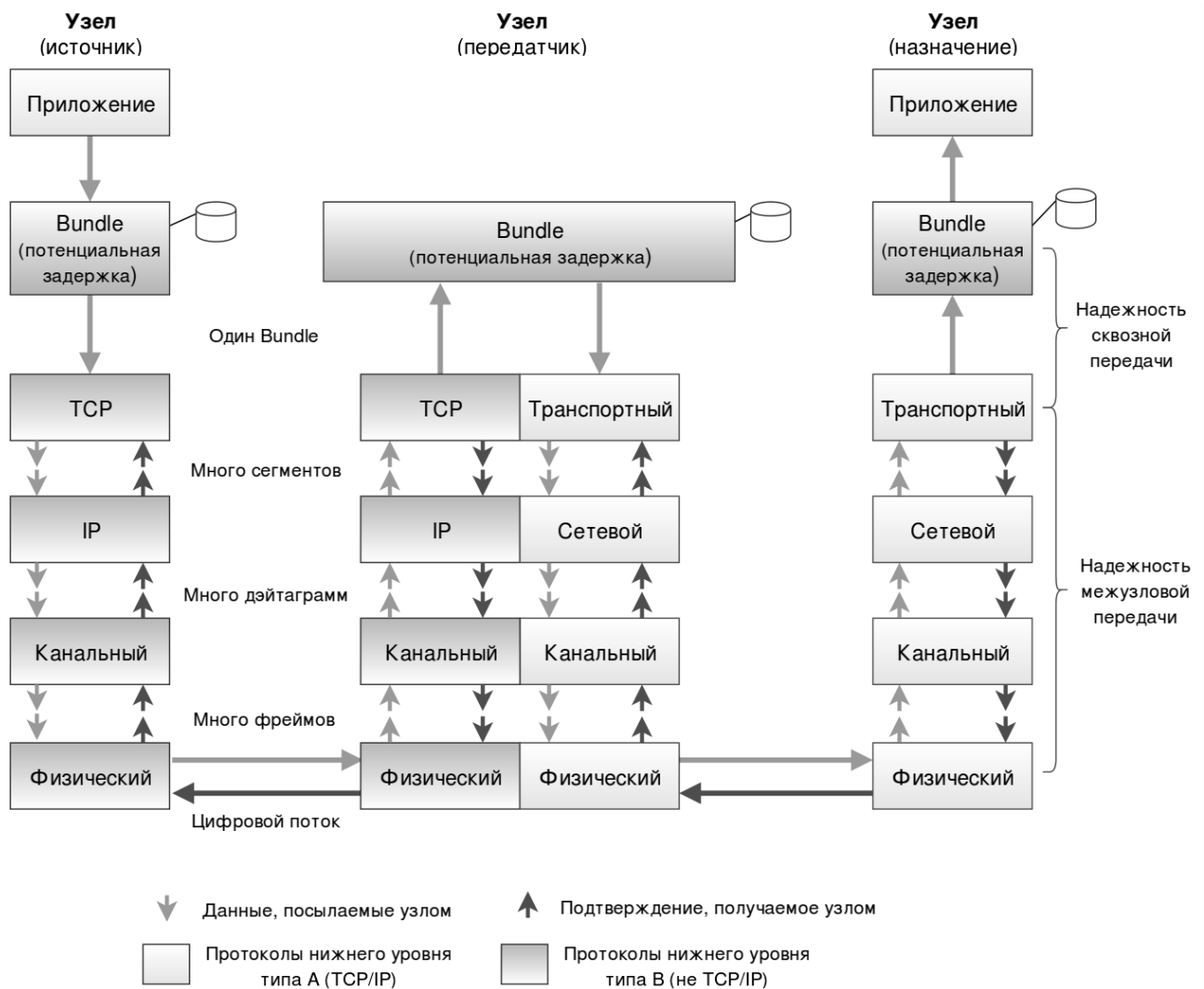


Рисунок П2.5 — Уровни передачи данных

Bundle поддерживает ретрансляцию потерянных или поврежденных данных от узла к узлу и по транспортному, и по bundle протоколам. Тем не менее,

так как ни один транспортный протокол (основные средства надежной передачи) обычно не работает со сквозной передачей, обеспечение надежности сквозной передачи перекладывается на слой bundle.

В DTN, все узлы имплементируют как протокол bundle, так и транспортные протоколы нижнего уровня. Узлы, которые пересылают бандлы, могут имплементировать разные или одинаковые нижеуровневые протоколы на любых концах передачи; в этом смысле, их функции сопоставимы с функциями Интернет роутеров или шлюзов.

Для информационного взаимодействия, используется гибкая схема присвоения имен (основанную на Унифицированных Идентификаторах Ресурсов (URI)), способная инкапсулировать различные схемы присвоения имен и адресации под общим синтаксисом. Так же присутствует базовая модель безопасности, включаемая опционально, направленная на защиту инфраструктуры от несанкционированного использования.

В определенном смысле, архитектура DTN предоставляет общий метод взаимодействия с разнородными шлюзами и прокси-серверами, которые осуществляют маршрутизацию сообщений, для преодоления сбоев при передаче информации. Узлы, неспособные поддерживать полную функциональность, необходимую для такой архитектуры, могут быть дополнены прокси на уровне приложений, выступающими в роли DTN приложений.

Применение DTN-технологии для сбора и передачи информации об эксплуатации продукции наукоемкого приборостроения не меняет общей концепции исследования и достаточно просто может быть интегрирована в сформулированную модель синтеза информационно-мониторинговых сетей.

Приложение В

Акты внедрения



АКТ использования

результатов диссертационной работы РУЧЬЕВА Анатолия Геннадьевича на тему «Модели и методики мониторинга реализации этапов жизненного цикла продукции наукоемкого приборостроения», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.02.22 – Организация производства (радиоэлектроника и приборостроение)

Настоящим актом подтверждаю, что в АО «Лазерные системы» при проведении работ по созданию и модернизации лидарного метеорологического оборудования для измерения параметров, отслеживания и прогнозирования атмосферных явлений использованы следующие результаты диссертационной работы Ручьева Анатолия Геннадьевича:

1. Модель оценки результативности информационно-мониторинговой сети продукции наукоемкого приборостроения;
2. Методика информатизации мониторинга этапов жизненного цикла продукции наукоемкого производства на базе цифровых двойников.
3. Методика управления изменениями информационно-мониторинговой сети для продукции наукоемкого приборостроения;

Внедрение указанных результатов позволило сократить длительность цикла проектирования и формирования информационно-мониторинговых сетей для производства лидарных метеорологических систем на 10-15%. уменьшить временные затраты на адаптацию информационно-мониторинговых сетей к условиям производства лидарного метеоборудования на 15-20%,

Генеральный директор
АО «Лазерные системы»,
канд.техн.наук



Д.Н.Васильев



Общество с ограниченной ответственностью
«Научно-производственная компания
«Технологии. Инвестиции. Менеджмент»
(ООО «НПК «ТИМ»)
195027, Санкт-Петербург, пр. Шаумяна, д.4,
корп.1, Лит. А, офис 216
Тел./факс (812) 309-98-27
E-mail: info@npg-tim.ru
http://www.npk-tim.ru

УТВЕРЖДАЮ
Исполнительный
директор
ООО «НПК «ТИМ»



АКТ использования

результатов диссертационной работы РУЧЬЕВА Анатолия Геннадьевича на тему «Модели и методики мониторинга реализации этапов жизненного цикла продукции наукоемкого приборостроения», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.02.22 – Организация производства (радиоэлектроника и приборостроение)

Комиссия в составе:

Председатель:

Начальник НТЦ, доктор технических наук, доцент Борисов Е.Г.

Главный специалист Фридман Л.Б.

Ученый секретарь, кандидат технических наук, Яблоков Е.Н.

составили настоящий акт в том, что в ООО «НПК ТИМ» при проведении работ по созданию и модернизации мобильных радиомаячных систем посадки были использованы следующие результаты диссертационной работы Ручьева Анатолия Геннадьевича:

1. Модели синтеза структуры и оценки результативности информационно-мониторинговой сети для продукции наукоемкого приборостроения;
2. Методика информатизации мониторинга этапов жизненного цикла продукции наукоемкого производства на базе цифровых двойников.
3. Методика управления изменениями информационно-мониторинговой сети для продукции наукоемкого приборостроения;

Внедрение указанных результатов позволило сократить итеративности процесса проектирования информационно-мониторинговых сетей для производства мобильных радиомаячных систем посадки на 10-15%, сократить длительность цикла проектирования и формирования информационно-мониторинговых сетей для интегрированных радиолокационных систем посадки на 15-20%.

Председатель комиссии:

Начальник НТЦ, доктор технических наук,
доцент



Борисов Е.Г.

Ученый секретарь, кандидат технических
наук

Главный специалист



Яблоков Е.Н.



Фридман Л.Б.

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ
«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР РОССИЙСКОЙ
АКАДЕМИИ НАУК» (СПб ФИЦ РАН)

14 линия В.О., д. 39, Санкт-Петербург, 199178

Телефон: (812) 328-34-11, факс: (812) 328-44-50, E-mail: info@spcras.ru, https://spcras.ru/

ОКПО 04683303, ОГРН 1027800514411, ИНН/КПП 7801003920/780101001

УТВЕРЖДАЮ
Директор СПб ФИЦ РАН
профессор РАН



А.Л.Ронжин

2021г.

А К Т

об использовании результатов диссертационной работы
Ручьева Анатолия Геннадьевича «Модели и методики мониторинга реализации
этапов жизненного цикла продукции наукоемкого приборостроения» в НИР
СПб ФИЦ РАН по договору с федеральным государственным бюджетным
учреждением "Российский фонд фундаментальных исследований" (РФФИ) №
19-07-00006\21 от 19.04.2021 г.

Комиссия в составе: председателя д.т.н., Ю.М. Искандерова, членов комиссии: к.т.н. Т.В.Левашовой и к.воен.н. Е.П. Силлы, рассмотрев представленные материалы:

1. Автореферат и диссертационную работу Ручьева Анатолия Геннадьевича «Модели и методики мониторинга реализации этапов жизненного цикла продукции наукоемкого приборостроения»;
2. Итоговый отчет по НИР, выполненной по договору с РФФИ № 19-07-00006\21 от 19.04.2021 г. «19-07-00006_a «Теоретические основы интеллектуальной поддержки принятия решений при геохронологическом трекинге информационно-географических процессов».

установила, что:

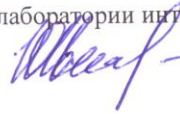
1. Основные результаты, полученные А.Г.Ручьевым в рамках диссертационной работы, были использованы при проведении научно-исследовательской работы, выполняемой в лаборатории интеллектуальных систем СПб ФИЦ РАН, по проекту РФФИ № 19-07-00006\21 от 19.04.2021 г. «19-07-00006_a «Теоретические основы интеллектуальной поддержки принятия решений при геохронологическом трекинге информационно-географических процессов».
2. Разработанные в диссертационной работе А.Г.Ручьевым модели и методики мониторинга реализации этапов жизненного цикла продукции наукоемкого приборостроения позволили оценить результативность пространственно-распределенных информационно-проводительных сетей. В ходе моделирования прототипа информационно-мониторинговых сетей удалось добиться сокращения времени формирования цифровых двойников жизненного цикла изделий наукоемкого приборостроения на 10-15%. Серия экспериментов с использованием разработанного А.Г.Ручьевым модельно-алгоритмического и программного обеспечения позволила сформулировать рекомендации и оптимизировать параметры типовых программно-технических решений по

проектированию и развертыванию информационно-мониторинговых сетей продукции наукоемкого приборостроения.

Председатель комиссии

Руководитель научно-исследовательской лаборатории интеллектуальных систем,

д.т.н.



Ю.М.Искандеров

«03» 06 2021г.

Члены комиссии:

Старший научный сотрудник научно-исследовательской лаборатории интегрированных систем автоматизации,

к.т.н.



Т.В.Левашова

«03» 06 2021г.

Ученый секретарь,

к.воен.н.



Е.П.Силла

«03» 06 2021г.



ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО

КОНЦЕРН

ОКЕАНПРИБОР

(АО «КОНЦЕРН «ОКЕАНПРИБОР»)

Чкаловский пр. 46, Санкт-Петербург, 197376

Тел. (812)320 80-40/41

Факс (812)320-80-52

mail@oceanpribor.ru

ОКПО 07504258, ОГРН 1067847424160,

ИНН/КПП 7813341546/781301001

30.08.2021 № 1168-4-411

На № _____ от _____

УТВЕРЖДАЮ

Заместитель генерального директора - Руководитель приоритетного технологического направления (Научный руководитель)

АО «Концерн «ОКЕАНПРИБОР»
доктор технических наук, доцент



Селезнев И.А.

«30» 08 2021г.

АКТ

об использовании результатов диссертационной работы

Ручьева Анатолия Геннадьевича, выполненной на тему: « Модели и методики мониторинга реализации этапов жизненного цикла продукции наукоемкого приборостроения» по специальности 05.02.22 – Организация производства (радиоэлектроника и приборостроение)

Комиссия в составе:

Председатель – Начальник отдела приоритетного технологического направления, кандидат технических наук Попов Владимир Александрович;

Члены:

- Главный ученый секретарь, доктор технических наук, профессор Консон Александр Давидович;
- Начальник отдела ВЭДиМ, кандидат технических наук Мартышкин Павел Геннадьевич,

составили настоящий акт в том, что в Акционерном Обществе «Концерн «ОКЕАНПРИБОР» при проведении работ по созданию информационно-проводительной сети изделий выпускаемой гидроакустической техники, были использованы следующие результаты диссертационной работы Ручьева Анатолия Геннадьевича, выполненной на тему: « Модели и методики мониторинга реализации этапов жизненного цикла продукции наукоемкого приборостроения» по специальности 05.02.22 – Организация производства (радиоэлектроника и приборостроение):

1. Модель синтеза структуры информационно-мониторинговой сети для продукции наукоемкого приборостроения;

2. Модель оценки результативности информационно-мониторинговой сети продукции наукоемкого приборостроения;
3. Методика управления изменениями информационно-мониторинговой сети для продукции наукоемкого приборостроения;
4. Методика информатизации мониторинга этапов жизненного цикла продукции наукоемкого производства на базе цифровых двойников.


Внедрение указанных результатов позволило добиться снижения итеративности процесса проектирования информационно-мониторинговых (информационно-сопроводительных) сетей продукции гражданского назначения на 15-20%, добиться сокращения общего времени проектирования и формирования информационно-мониторинговых сетей для отдельных видов продукции наукоемкого приборостроения на 20-30%.

Председатель комиссии:
Начальник отдела НТИ
кандидат технических наук


 Попов В.А.

«30» 08 2021г.

Главный ученый секретарь,
доктор технических наук, профессор

 Консон А.Д.
«30» 08 2021г.

Начальник отдела ОВЭД и М
кандидат технических наук

 Мартышкин П.Г.
«30» 08 2021г.



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
**«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
АЭРОКОСМИЧЕСКОГО ПРИБОРОСТРОЕНИЯ»**
(ГУАП)

Большая Морская ул., д. 67, лит. А, Санкт-Петербург, 190000
Тел. (812) 710-6510, факс (812) 494-7057
E-mail: common@aanet.ru; http://www.guap.ru
ОКПО 02068462; ОГРН 1027810232680
ИНН/КПП 7812003110/783801001

№ _____

На № _____ от _____



Утверждаю
Ректор ГУАП
Ю.А. Антохина

«15» 09 2021 г.

АКТ О ВНЕДРЕНИИ
результатов диссертационной работы
Ручьева Анатолия Геннадьевича

**Модели и методики мониторинга реализации этапов жизненного цикла продукции
наукоемкого приборостроения**

Комиссия в составе:

Председатель – заместитель директора института ФПТИ С.А. Назаревич

Члены комиссии:

доцент кафедры инноватики и интегрированных систем качества М.А. Добросельский

доцент кафедры инноватики и интегрированных систем качества М.С. Смирнова

составили настоящий акт о том, что результаты диссертационной работы «Модели и методики мониторинга реализации этапов жизненного цикла продукции наукоемкого приборостроения», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук:

- модель оценки результативности информационно-мониторинговых сетей (ИМС) продукции наукоемкого приборостроения позволяющая в отличие от известных методов повысить уровень производственных процессов предприятий наукоемкого приборостроения за счет расширенного учета и сведения в единую вложенную структуру всего множества показателей результативности применяемых ИМС и контроля эффективности решений по управлению этими сетями.;
- методика информатизации мониторинга этапов жизненного цикла продукции наукоемкого производства на базе цифровых двойников, обеспечивающая совершенствование процессов сбора и системного накопления данных по

мониторингу реализации этапов жизненного цикла для повышения уровня производственных процессов предприятий наукоемкого приборостроения; использованы в деятельности Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения».

Материалы диссертационной работы Ручьева Анатолия Геннадьевича были использованы в учебном процессе в дисциплинах «Основы технологии производства», «Основы проектирования продукции», «Информационное обеспечение проектной деятельности», читаемых на кафедре №5 Инноватики и интегрированных систем качества для студентов направлений «Управление качеством», «Инноватика», «Стандартизация и метрология» уровня бакалавриата.

Председатель комиссии
Заместитель директора института ФПТИ
канд. техн. наук, доцент

С.А. Назаревич

Члены комиссии:
Доцент кафедры
инноватики и интегрированных систем качества
канд. техн. наук, доцент

М.А. Добросельский

Доцент кафедры
инноватики и интегрированных систем качества
канд. техн. наук, доцент

М.С. Смирнова