

На правах рукописи



Чехов Антон Павлович

**ОРГАНИЗАЦИОННАЯ СТРУКТУРА РАСПРЕДЕЛЁННОЙ СИСТЕМЫ
ТЕХНИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ И ДИАГНОСТИКИ ПРОЦЕССА
ИЗГОТОВЛЕНИЯ РЭА**

Специальность: 05.11.16 –

«Информационно-измерительные и управляющие системы
(в технических системах)»

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание учёной степени
кандидата технических наук

Рязань 2014

Работа выполнена на кафедре информационно-измерительной и биомедицинской техники в ФГБОУ ВПО «Рязанский государственный радиотехнический университет» (ФГБОУ ВПО «РГРТУ»).

Научный руководитель:

Антипов Владимир Анатольевич,
доктор технических наук, профессор кафедры
информационно-измерительной и биомедицинской
техники ФГБОУ ВПО «Рязанский государственный
радиотехнический университет»

Официальные оппоненты:

Дунаев Александр Анатольевич,
доктор технических наук, профессор кафедры
информатики и вычислительной техники
ФГБОУ ВПО «Рязанский государственный
университет имени С.А. Есенина»

Жильников Тимур Александрович,
кандидат технических наук, доцент кафедры
математики и информационных технологий
управления ФКОУ ВПО «Академия права и
управления Федеральной службы исполнения
наказаний», г. Рязань

Ведущая организация:

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
профессионального образования «**Российский
государственный университет нефти и газа
имени И.М. Губкина**», г. Москва

Защита состоится 19 декабря 2014 г. в 10 часов 00 минут на заседании диссертационного совета Д212.211.04 в ФГБОУ ВПО «Рязанский государственный радиотехнический университет» по адресу: **390005, г. Рязань, ул. Гагарина, 59/1, ауд. 235.**

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВПО «Рязанский государственный радиотехнический университет» и на сайте <http://www.rsreu.ru/>.

Автореферат разослан " ____ " _____ 2014 г.

Учёный секретарь
диссертационного совета,
д.т.н., проф.



Г.В.Овечкин

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. Первоначальная концепция создания информационно-измерительных систем (ИИС) как нового класса средств информационно-измерительной техники была сформулирована в начале 60-х годов. В основу построения ИИС уже в то время была положена системная организация совместной автоматической работы средств сбора, обработки и передачи количественной информации. В результате были созданы ИИС, которые относят к первому поколению. Дальнейшее их развитие, второе (70-е годы) и третье (80 – 90-е годы) поколения, в основном связывают с развитием вычислительной техники и стандартных системных интерфейсов. Теоретические основы и принципы построения информационно-измерительных систем были заложены научными коллективами, руководимыми Ф. Е. Темниковым, К. Б. Карандеевым, П. П. Орнатским, П. М. Цапенко, А. М. Мелик-Шахназаровым, Э. И. Цветковым, Т. М. Алиевым, П. В. Новицким и другими известными специалистами в области информационно-измерительной техники. Целостность ИИС как основное системное требование обеспечивалась централизованным, а затем иерархическим управлением.

В настоящее время мировое сообщество производителей измерительной и контрольно-диагностической аппаратуры разработало и внедрило стандарт LXI (LAN eXtensions for Instruments), который позволяет создавать гибкие, масштабируемые и экономичные системы, предпосылкой чему послужила высокая скорость передачи данных по сети Ethernet (до 10 Гбит/с), возможность локализации трафика на уровне ИИС и бесшовная связь с корпоративной информационной системой. Этот стандарт может служить основой для системной организации ИИС технического контроля и диагностики на этапе сборки узлов РЭА.

Основной трудностью информационной интеграции является гетерогенность тестового и инспекционного оборудования, а отсутствие стандартных, унифицированных методов информационного взаимодействия ставит эту проблему перед производителями РЭА на первый план.

Основными требованиями к распределённым системам являются требования прозрачности, открытости и масштабируемости.

Согласно современным тенденциям Internet/Intranet рассматривают как распределённую вычислительную платформу предприятия. При этом для обеспечения требований прозрачности и открытости могут быть использованы стандартные протоколы передачи данных TCP/IP и Web-сервисы (HTTP, XML, SOAP), а для обеспечения гибкости и масштабируемости – промежуточное ПО, ориентированное на сообщение (МOM).

Создание ИИС, отвечающих требованиям современного производства, связано с использованием методов и средств искусственного интеллекта. Наиболее перспективным методом анализа и синтеза таких систем является использование технологии распределённого интеллекта на основе онтологического подхода и мультиагентной парадигмы. В настоящее время нет единого определения для термина "агент", который является и техническим понятием и метафорой. Можно определить понятие агента как компонента программного обеспечения и/или аппаратных средств, обладающего автономией, знаниями, способностью к коммуникации и сотрудничеству с другими агентами, направленными на достижение общей цели. Таким образом, агенты могут рассматриваться как объекты производственной системы и, в частности, компоненты Мультиагентной информационно-измерительной системы технического контроля и диагностики (МИИСТКД).

В данной работе рассматривается методология системного анализа и построения МИИСТКД, агентами-учредителями которой является тестовое и инспекционное оборудование. Целостность системы определяется некоторой организующей общностью. В традиционных ИИС организующей общностью является процесс управления, основанный на целевых критериях. Проявлением организующей общности в предлагаемом подходе, делающей МИИСТКД системой, является способность агентов-учредителей к взаимодействию на домене сотрудничества. Домен сотрудничества, реализованный в виде онтологии технического контроля и диагностики (ОТКД), и является организующей общностью в системе. К свойствам МИИСТКД, которые связаны с её целостностью, можно отнести: единую цель, единую сетевую инфраструктуру, единый материальный поток.

Предлагаемый новый подход к системной организации МИИСТКД порождает ряд задач теоретического, методологического и организационного плана и ряд новых проблем.

Объект исследования. Объектом исследования является распределённая информационно-измерительная система технического контроля и диагностики процесса производства узлов РЭА ответственного назначения, построенная как мультиагентная система.

Предмет исследования. Предметом исследования является программно-аппаратное, информационное и организационное обеспечение МИИСТКД.

Цель работы. Целью диссертации являются прикладные исследования системных связей и закономерностей функционирования распределённой системы технического контроля и диагностики РЭА ответственного назначения в процессе производства (СТКиД), ориентированные на повышение эффективности с использованием современной организации методов сбора, обработки и представления информации.

Для достижения поставленной цели решались следующие **основные задачи**:

1. Анализ факторов, формирующих требования и основные признаки нового подхода к системной организации и построению распределённых ИИС, используемых для контроля и диагностики при производстве РЭА ответственного назначения.

2. Разработка мультиагентной модели, методологии анализа и проектирования МИИСТКД. Выбор и обоснование модели взаимодействия агентов-учредителей, на основе технологии асинхронной передачи сообщений (МОМ).

3. Разработка семантической модели домена контроля и диагностики, а также схем (моделей) сообщений о результатах контроля качества РЭА, поступающих от тестовых и инспекционных систем.

4. Повышение эффективности взаимодействия компонентов ИИС за счёт введения схемы балансирования загрузки в системе с очередью сообщений коммуникационной инфраструктуры МИИСТКД.

Методы исследования. Методы исследования, используемые в данной работе, объединяются на основе системного подхода к решаемой проблеме. Используются аппарат, принципы и основные положения теории измерений, метрологии, теории вероятностей, идентификации и оптимизации, объектно-ориентированного анализа, логико-алгебраических моделей.

Научная новизна.

1. Впервые предложена методология построения мультиагентной модели информационно-измерительной системы технического контроля и диагностики. Разработаны метамодели модельного представления МИИСТКД, что даёт возможность провести её анализ и проектирование как мультиагентной системы.

2. Предложена коммуникационная модель взаимодействия агентов-учредителей системы и заинтересованных агентов внешней среды на домене сотрудничества, основанная на XML-сообщениях и Посреднике, позволяющая рассматривать Intranet как распределённую вычислительную платформу мультиагентной ИИС и использовать коммуникационные Internet-технологии, обеспечивающие надёжную передачу данных.

3. Предложена концептуальная модель информационного домена, являющаяся основой построения онтологии контроля и диагностики.

4. Предложен теоретико-множественный подход к формальному отображению семантики домена контроля и диагностики на структуру XML-сообщений. На его основе разработаны структуры XML-сообщений о результатах операций контроля и диагностики и оценках метрологического состояния тестового и инспекционного оборудования.

Практическая ценность.

1. Предложена методика анализа и проектирования информационно-измерительной системы технического контроля и диагностики как мультиагентной системы, позволяющая осуществить её визуальное специфицирование в нотации UML (AUML).

2. В соответствии с предложенной коммуникационной моделью взаимодействия агентов МИИСТКД, основанной на архитектуре MOM и протоколе Публикация/Подписка, сервер сети обеспечивает функциональные возможности HTTP, а посредник (Брокер Сообщений) – остальные услуги по передаче данных, что даёт значительные экономические выгоды и упрощает написание необходимого программного кода серверной и клиентских частей системы.

3. Разработанные XML-схемы и их метаописания, образующие язык взаимодействия домена контроля и диагностики, делают возможным взаимодействие систем тестирования, инспекции МИИСТКД и внешней среды на уровне сообщений.

4. Разработана и исследована эффективность схемы балансирования загрузки Брокера сообщений коммуникационной инфраструктуры МИИСТКД.

5. Разработана виртуальная программная система (виртуальная машина), позволяющая моделировать все виды сообщений реального тестового и инспекционного оборудования, передавать их по сети через Брокер Сообщений, имитируя ситуацию взаимодействия.

Реализация и внедрение результатов работы.

1. На предприятии ОАО «Государственный Рязанский приборный завод» ведутся работы по внедрению и опытной эксплуатации разработанной мультиагентной информационно-измерительной системы технического контроля и диагностики производства РЭА ответственного назначения. Проведённые экспериментальные исследования в условиях производства подтвердили правильность разработанных в главах 2 – 4 диссертации теоретических положений и технических решений, связанных с интеграцией гетерогенного тестового оборудования и его размещения в многооперационном технологическом процессе.

2. Результаты диссертационной работы внедрены при разработках распределённых систем сбора данных от первичных преобразователей, проведённых совместно с ОАО «Моринформсистема-Агат-КИП», системной организации единого информационного пространства, сетевой инфраструктуры асинхронного взаимодействия на основе парадигмы Публикация/Подписка.

3. Результаты полученных в диссертации теоретических, прикладных и экспериментальных исследований используются в учебном процессе Рязанского государственного радиотехнического университета при обучении студентов специальности 200106 «Информационно-измерительная техника и технологии».

Основные положения, выносимые на защиту.

1. Методика построения мультиагентной информационно-измерительной системы технического контроля и диагностики на основе метамоделного представления, позволяющего провести её анализ и проектирование как мультиагентной системы.

2. Коммуникационная модель взаимодействия агентов-учредителей МИИСТКД и заинтересованных агентов внешней среды на домене сотрудничества, основанная на XML-сообщениях и Посреднике, отличающаяся тем, что рассматривает Intranet как распределённую вычислительную платформу ИИС и использует коммуникационные Internet-технологии, обеспечивающие надёжную передачу данных по сети.

3. Теоретико-множественный подход к формальному отображению семантики домена контроля и диагностики на структуру XML-сообщений, отличающийся представлением структур в виде семантических сетей и позволивший осуществить разработку схем XML-сообщений о результатах операций контроля и диагностики.

4. Эффективная схема балансирования загрузки Брокера сообщений коммуникационной инфраструктуры МИИСТКД, обеспечивающая распределение процесса обработки сообщений поступающих от издателей (компонентов МИИСТКД) между несколькими граничными серверами сети с целью оптимизации использования ресурсов и сокращения времени обработки.

Апробация работы. Материалы диссертации докладывались и обсуждались в период с 2008 по 2014 г.г. на 6-ти Всесоюзных, Всероссийских и Международных конференциях, совещаниях и семинарах в отраслевых институтах и вузах.

Личный вклад автора. Постановка задачи, способы решения, основные научные результаты, выводы и рекомендации принадлежат автору. Автором сформулированы основные идеи защищаемых методов и алгоритмов. Аппаратные и программные средства для реализации полученных результатов разработаны при непосредственном участии автора. Работы, выполненные в соавторстве, подчинены общей постановке проблемы и концепции её решения, предложенной автором.

Публикации. По теме диссертации опубликовано 18 печатных работ, в том числе 3 публикации в изданиях, включённых в перечень ВАК, монография, 2 учебных пособия, 2 патента.

Структура и объём работы. Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, заключения, библиографического списка из 122 наименований и 3 приложений. Диссертация содержит 163 страницы основного текста, 34 таблицы и 93 рисунка.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность работы, проанализировано состояние проблемы, сформулированы цель и задачи исследований, показаны научная новизна и практическая значимость работы, представлены основные положения, выносимые на защиту.

Первая глава посвящена анализу факторов, формирующих требования и основные признаки организационной структуры мультиагентных информационно-измерительных систем технического контроля и диагностики, поддерживающих производственный этап сборки узлов РЭА. Проведённые статистические исследования

показали, что значительная доля дефектов в изделиях РЭА закладывается на этапе их изготовления (табл. 1). Особое внимание отечественных и зарубежных производителей электронной аппаратуры к этапу сборки электронных узлов (ЭУ) объясняется тем, что он является одним из основных факторов, влияющих на формирование качества выпускаемой продукции. Поэтому в диссертации рассматривается именно этот этап. При этом в качестве объектов контроля и диагностики (ОКД) выступают комплектуемые и собранные электронные узлы.

Анализ ряда технологических процессов производства электронных узлов (аналоговых, цифровых и гибридных) показал, что в среднем 12 – 33% ЭУ, поступающих на операцию регулировки и настройки или функционального тестирования, являются дефектными и требуют ремонтно-восстановительных работ. Относительное распределение дефектов, обнаруженных при проверке, показывает, что большинство дефектов возникает в процессе изготовления печатных плат (ПП) и ЭУ, а дефекты комплектуемых изделий электронной техники (ИЭТ) составляют 5 – 20%. Разброс в распределении дефектных ЭУ составляет 12 – 33 %.

Таблица 1. Распределение дефектов по этапам жизненного цикла изделий РЭА

Вид РЭА и объём выборки	Вид дефекта			
	Дефекты при разработке электрических схем	Дефекты при конструировании	Дефекты при поставке	Дефекты при изготовлении
Блоки, узлы РЭА на печатных платах N = 500 шт.	0,032	0,008	0,14	0,820
Дефекты, вызванные функционированием автоматизированного КИО – 0,532				
Дефекты, вызванные работой человека-оператора – 0,468				

На рисунке 1 показана схема организации контроля и диагностики на этапе сборки и монтажа, которая включает входной контроль, операционный и выходной. Именно при выполнении контрольных операций и процедур, относящихся к этим трем группам, реализуются заложенные ранее в конструкцию изделия требования по качеству.

Сложность выпускаемой РЭА ответственного назначения требует использования сложной контрольно-диагностической аппаратуры, которая в международной практике называется системами инспекции и тестирования.

В работе проведён анализ всех существующих методов и средств тестирования и инспекции, на основе чего была составлена таблица, в которой показано тестовое покрытие дефектов различными методами тестирования. При этом ни один из представленных в таблице методов тестирования не позволяет обнаруживать 100% дефектов на выпускаемом электронном изделии, и, кроме того, используемое тестовое и инспекционное оборудование (ТИО) является разнородным и обладает разными технико-экономическими показателями.

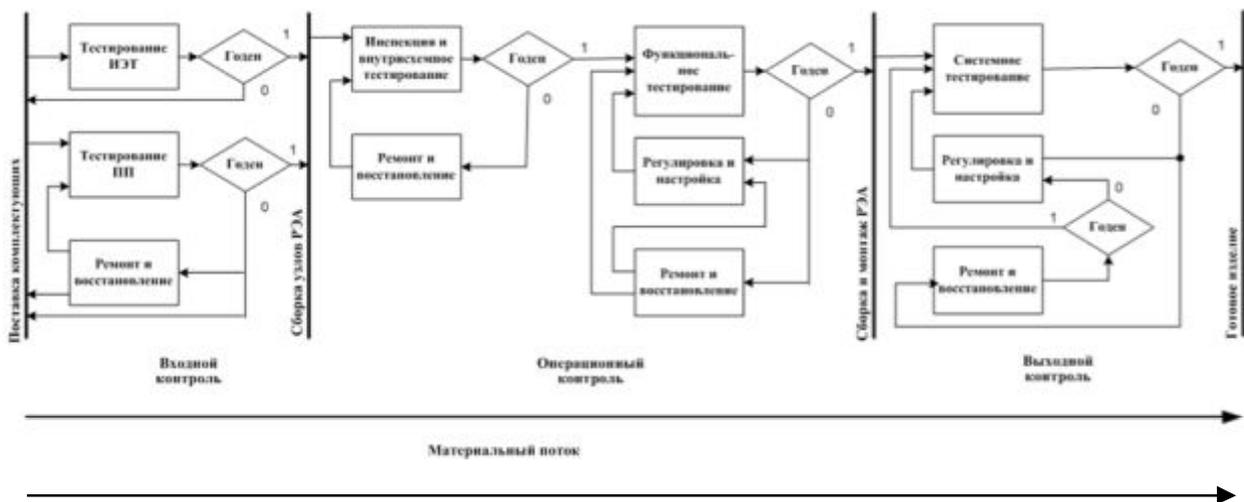


Рисунок 1 – Схема организации контроля и диагностики

Исходя из решаемых производственных задач, необходима всесторонняя оценка и рациональный выбор тестовой стратегии и соответствующего ТИО, которое при приемлемых затратах обеспечит высокий уровень выявляемости дефектов производимой продукции. Приведены возможные варианты интеграции тестового и инспекционного оборудования, обеспечивающие те или иные стратегии тестирования.

В работе обосновывается целесообразность создания единой распределённой информационно-измерительной системы технического контроля и диагностики (ИИСТКД), компонентами которой являются локальные системы тестирования и инспекции, которые объединены единым материальным и информационным потоками. Определены проблемы организации таких систем. Выявлены недостатки существующих стандартов (в частности SECS/GEM и ISO MMS).

В работе предлагается и обосновывается Ethernet в качестве единого системного коммуникационного интерфейса, который позволяет решить те проблемы, которые связаны с построением распределённой в пространстве ИИСТКД.

Определены основные требования, предъявляемые к системной организации ИИСТКД: децентрализация услуг, предоставляемых ИИС; высокая степень масштабируемости; возможность функционального наращивания системы путём добавления новых компонентов без изменения архитектуры; автономность компонентов ИИС; объединение в единую структуру приложений и компонентов ИИС на "бесшовной" основе; асинхронное взаимодействие компонентов ИИС; эффективность использования коммуникационных технологий.

Наиболее перспективным методом анализа и синтеза таких систем является использование технологии распределённого интеллекта на основе онтологического подхода и мультиагентной парадигмы. Понятие "агент" – формируется в виде определённых свойств, ему присущих.

В работе представлены свойства, характерные для систем инспекции/тестирования и их связь со сложившимся понятием агента, т.е. реальное понятие компонента ИИС ТКД приведено в соответствие с абстрактной сущностью "агент".

На основе всего вышесказанного вводится понятие мультиагентной ИИСТКД (МИИСТКД)

В таблице 2 представлена существующая на настоящий день классификация агентных архитектур.

Таблица 2. Архитектуры МАС и их характеристики

Архитектура	Представление знаний	Модель мира	Решатель
Интеллектуальная	Символьное	Исчисление	Логический
Реактивная	Автоматное	Граф	Автомат
Гибридная	Смешанное	Гибридная	Машина вывода

В работе выбрана реактивная агентная архитектура. Это обусловлено тем, что основной способ взаимодействия между агентами и агентами с внешней средой является материальный поток – объект тестирования и инспекции. Информационной основой агентной технологии является онтология.

В таблице 3 определены этапы жизненного цикла МИИСТКД и основные черты системы.

Таблица 3. Этапы жизненного цикла МИИСТКД

Название этапа	Описание этапа
Этап <i>Идентификации</i>	Построение информационной модели ОКД (W_d), содержащей перечень сведений, необходимых для решения задач проектирования процессов контроля и диагностики
Этап <i>Формирования</i>	Формирование домена контроля и диагностики. Рациональный выбор стратегии тестирования и тестового оборудования на основе анализа диагностической модели, метрологической экспертизы и особенностей технологического процесса
Этап <i>Выполнения</i>	Выполнение производственной задачи контроля и диагностики с целью обеспечения качества выпускаемой продукции. Контроль процесса функционирования тестового оборудования МИИСКД
Этап <i>Окончания</i>	Окончание функционирования МИИСКД в рамках данного технологического процесса. Анализ и оценка выбранной стратегии тестирования и тестового оборудования с целью последующего использования полученного опыта

Предложенный подход к представлению ТИО соответствует современной концепции интеллектуального производства, основанного на распределённом управлении производственными знаниями.

Идентификация МИИСТКД представлена в виде следующих определений.

Определение 1. МИИСТКД является многофункциональной, распределённой, гетерогенной системой, предназначенной для контроля и диагностики множества производственных дефектов $Q = \{q_i\}$.

Определение 2. МИИСТКД – это гибкая, открытая, масштабируемая структура, построенная на основе мультиагентной технологии и позволяющая динамически объединять новые агенты или удалять из системы существующие, не разрушая имеющихся связей.

Определение 3. Система не имеет общего потока управления, интегрируется на основе домена сотрудничества составляющих её агентов, онтологии контроля и диагностики, единого материального потока и единой цели – контроля качества выпускаемой продукции.

Определение 4. Система использует Internet-технологии в качестве основы распределённой вычислительной платформы, информационной и функциональной совместимости в гетерогенной среде.

Определение 5. Система выполняет активный контроль, результаты которого используются для обнаружения наиболее слабых мест в технологическом процессе и выполнения корректирующих действий в реальном масштабе времени.

Вторая глава посвящена разработке методологии построения мультиагентной модели МИИСКД.

Применение мультиагентной парадигмы при разработке вновь создаваемого производства или "агентофикации" уже существующего требует развития и адаптации существующих методологий анализа и проектирования, которые должны сосредотачивать внимание не только на специфике внутренней организации каждого из агентов-учредителей системы, но также и на социальных аспектах их поведения, на особенностях производственной окружающей среды.

В данной работе ставится задача развития практической методологии создания ИИС, которая описывала бы все шаги разработки мультиагентной информационно-измерительной системы. В качестве отправной точки взято организационное представление МИИСКД и определены шаги развития системы для прикладной области.

Методология основана на метамодельном подходе. При моделировании МАС широко используется универсальный язык моделирования UML, а также его агентное расширение – AUML.



Для упрощения анализа мультиагентной информационно-измерительной системы технического контроля и диагностики определены субмодели, которые отражают различные её аспекты. Данный набор субмоделей представлен на рисунке 2:

- Модель Домена (DM).
- Модель Агента (AM).
- Организационная Модель (OM).
- Модель Цели/Задачи (GM).
- Модель Взаимодействия (IM).

Рисунок 2 – Взаимосвязь субмоделей МИИСТКД

Организационная Модель (OM) сосредотачивается на структуре организации и отношениях между агентами, которые она содержит. Организационная модель МИИСТКД определяет поведение группы агентов, сотрудничающих для достижения общей цели – обеспечения качества выпускаемой продукции, определяет обязанности и соподчинённость объектов, таких как процессы, информация и ресурсы, представляет структуру системы в терминах подсистем (входного, операционного и выходного контроля).

Модель Агента (AM) состоит из описаний цели, отношений, поведения и других признаков конкретных агентов и их ролей. *Модель Цели/Задачи (GM)* описывает

цель верхнего уровня (например, цель организации – обеспечение контроля качества выпускаемой продукции), которая разделяется на цели более низких уровней (например, контроль качества комплектующих, операционный контроль качества, выходной контроль качества, контроль на соответствие параметров производимой продукции НТД). Информацию о прикладной области содержит *Модель Домена (DM)* или *информационная модель*.

В случае МИИСТКД DM охватывает объекты и отношения, связанные с техническим контролем и диагностикой РЭА: исходные модели ОКД, техническое и метрологическое состояние тестового оборудования, результаты контрольно-диагностических операций. *Модель Взаимодействия (IM)* описывает механизм взаимодействия между агентами и используемые ими протоколы. По существу, взаимодействие представляет собой влияние агентов друг на друга на высоком уровне в форме переговорного процесса в терминах обслуживания.

За архитектурную основу взята архитектура PROSA, являющаяся базовой при построении холонических производственных систем (HMS).

В стандарте IDEF0 разработана иерархическая модель процессов тестирования и инспекции на этапе сборки ЭУ.

Цель модели Взаимодействия представить процесс, в соответствии с которым агенты (или роли) обмениваются информацией друг с другом, а также с окружающей средой. Информация, содержащаяся в передаваемых сообщениях, описывается в Модели домена. Понятие "взаимодействие" высокого уровня взято из методологии Gaia, в которой оно рассматривается как «обмен информацией с определённой целью». Это означает, что модель на этом уровне представляет собой не детальный образец передаваемых сообщений, а содержит более абстрактные проблемы, такие как цель взаимодействия, какие агенты вовлечены во взаимодействие и какое отношение это имеет к целям каждого агента.

В качестве графической нотации протокола взаимодействия может быть использована нотация, заимствованная из работ FIPA, которая в настоящее время включена в UML 2.0.

В работе приведена методика моделирования МИИСТКД в виде потока задач, позволившая определить отношения между субмоделями и между уровнями детализации процесса моделирования.

Компонентная модель МАС может быть представлена в двух координатах – «Типы моделей» и «Уровни». В диссертации это формализовано в виде диаграммы потока работ.

В третьей главе решается задача разработки механизма внутрисистемного взаимодействия между агентами МИИСТКД и их взаимодействия с заинтересованными агентами окружающей среды.

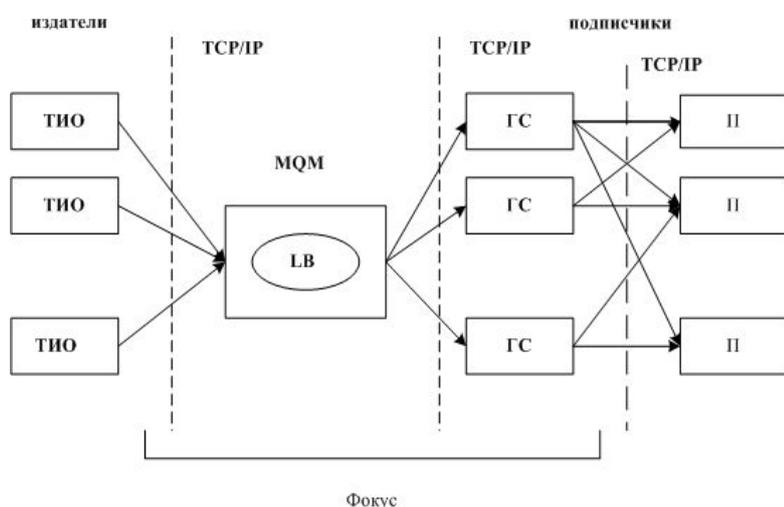
Проведены анализ и выбор модели взаимодействия на основе Сообщений. При анализе учитывались современные тенденции, рассматривающие Internet как распределённую вычислительную платформу предприятия, аппаратная и программная независимость, максимальная возможность использования стандартных протоколов (как решение задачи надёжности передаваемых данных) и наиболее универсальный синтаксис передаваемых сообщений.

В таблице 4 приведены уровни коммуникационной архитектуры. Первые три уровня определяют коммуникационный транспортный слой между клиентами и про-

межуточным WEB-сервером (Брокером Сообщений), который называется MOM (Message Oriented Middleware) (см. рис. 3).

Таблица 4. Уровни коммуникационной архитектуры

Обмен сообщениями	IPC 2501 – стандарт, специфицирующий управляющую семантику и XML-сообщения для взаимодействия между электронным оборудованием участка сборки ЭУ
Семантика сообщений	Разработка структуры сообщений о метрологическом и техническом состоянии тестового и инспекционного оборудования, сообщений о результатах тестирования и инспекции ЭУ
Синтаксис сообщений	XML – расширяемый язык разметки, язык для записи информации, обеспечивающий возможность представления любой структуры данных
Пакет	SOAP w/Attachments, IPC 2501 Extentions. Структура SOAP пакета, содержащего информационный элемент IPC 2501
Транспорт	HTTP – транспортный протокол, используемый совместно с SOAP для передачи IPC 2501 сообщений
Сеть	TCP/IP – стандартные протоколы, гарантирующие высокую эффективность взаимодействия по сетям Internet



ТИО –тестовое и инспекционное оборудование (издатели).
 MOM – промежуточное ПО, ориентированное на передачу сообщений.
 ГС – граничный сервер.
 П – приложение (подписчики).
 LB – алгоритм балансирования загрузки.

Рисунок 3 – Архитектура информационно-измерительной системы на основе MOM и граничных серверах

В работе проведено исследование возможности повышения эффективности коммуникационной архитектуры МИИСТКД за счёт введения алгоритма балансирования загрузки с целью оптимизации использования ресурсов и сокращения времени обработки сообщений. Основной целью является исследование различных механизмов балансирования загрузки, используемых в предложенной архитектуре ИИС.

Сформулированная цель предполагает решение следующих задач.

1. Идентификация различных схем балансирования загрузки, которые могли бы быть использованы в системах с очередями.

2. Определение характеристик, с помощью которых могут сравниваться схемы балансирования загрузки.
3. Идентификация параметров системы с очередью
4. Сравнение различных схем балансирования загрузки с использованием аналитических моделей и экспериментальных исследований.

Рассмотрен широкий диапазон различных алгоритмов, проведён их анализ и выбор наиболее приемлемых для рассматриваемого случая, проведено их исследование. В качестве исследуемых алгоритмов были выбраны: Random, Round Robin, Credit Priority, Pull.

Проведена разработка аналитической модели. Конечная цель состояла в том, чтобы предложить модель, которая позволила бы обобщить оценку производительности алгоритмов, реализующих LB в терминах времени для случая передачи N сообщений. Передача данных может внести задержку в систему и имеет максимальную норму по времени передачи. На рисунке 4 представлена рассматриваемая модель.

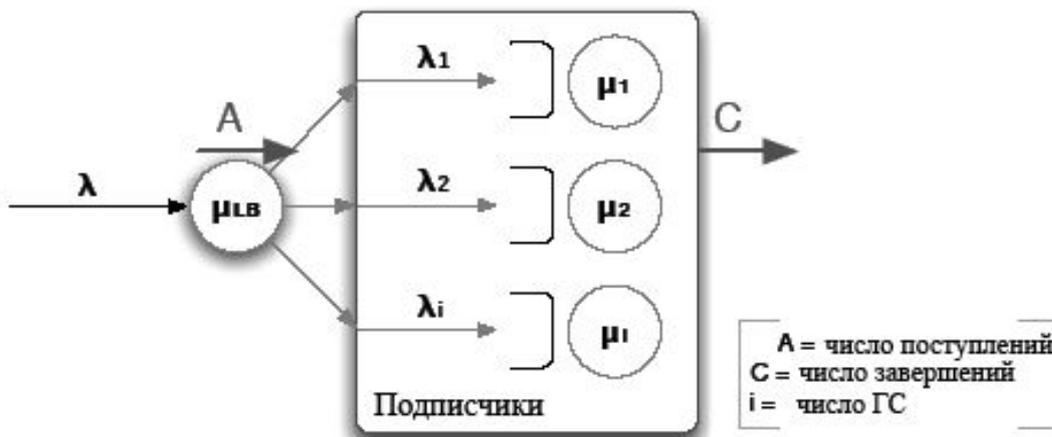


Рисунок 4 – Модель системы

Сообщения прибывают от издателей с интенсивностью λ . Алгоритм LB характеризуется интенсивностью обслуживания μ_{LB} и временем обслуживания S_{LB} . Каждый k -й подписчик характеризуется интенсивностью поступления сообщений λ_k и временем обслуживания S_k , где $k \in 1, \dots, i$. Для анализа системы воспользуемся операционным методом. Для этого введём характеристики A , B и C , которые соответственно обозначают:

A – число прибытий в течении времени наблюдения T ;

B – общее время, в течении которого система будет занята в интервале наблюдения T ($B \leq T$);

C – число завершений, происходящих в течение периода наблюдения T .

A и C изображены на рисунке 4. Они также определяют $X = C/T$ – норму выхода, $U = B/T$ – норму использования и $S = B/C$ – среднее время, затрачиваемое на полное обслуживание одного сообщения. Термин "использование" (U) определяется как часть времени, в течении которого система занята, в стандартной теории очередей этот термин определяется как интенсивность трафика и обозначается символом ρ .

В пределах периода наблюдения T и на основе конечной цели исследований может быть сделано следующее предположение:

$$\rho = (\lambda/\mu) \geq 1, \quad (1)$$

а также можно предположить, что размеры очередей бесконечны.

Первое предположение может быть сделано, исходя из главной цели, а второе предположение – поскольку, если использовать значение ρ меньше чем 1, то даже субоптимальный LB может достигнуть той же самой производительности, что и оптимальный. Следовательно, интерес существует только для случая, когда $\rho \geq 1$. Интенсивность обслуживания μ_{LB} LB разбита на интенсивности обслуживания для всех подписчиков μ_k согласно выбранному алгоритму, так что

$$\mu_{LB} = \sum_{k=0}^i \mu_k$$

Уравнение 1 применяется не только глобально, но и для каждого отдельного подписчика. Если $\lambda_k \leq \mu_k$ для любого из подписчиков, то, по крайней мере, один из них тратит некоторое время на бездействие, и поэтому система не оптимальна. Можно записать условие для случайного алгоритма, выполнение которого делает его оптимальным:

$$\lambda \leq \mu_k (\forall k, k \in 1, \dots, i). \quad (2)$$

Период наблюдения T длится так долго, как это необходимо для того, чтобы определить полное время прохождения K сообщений, поэтому можно предположить, что число прибытий в течении этого времени равно числу завершений (это не всегда случается, но имеет смысл для проведения экспериментов). Введенные предположения могут быть записаны следующим образом:

$$A = C. \quad (3)$$

Это называют балансом потока работ, что, в свою очередь, предполагает $\lambda = X$.

Время для обработки C сообщений определяется самым медленным сервером, который действует как узкое место: $T = \max(C_i / \mu_i)$, где C_i – число сообщений от i -го подписчика.

Прибытие сообщений в систему может быть разделено на индивидуальные прибытия для каждого подписчика, так что $A = \sum A_i$. Аналогично, сумма индивидуальных завершений составляет завершение системы, так что $C = \sum C_i$. В соответствии с формулой (3) можно записать $A_i = C_i$. И, наконец, полное необходимое время может быть записано как

$$T = \max(A_i / \mu_i). \quad (4)$$

Эта модель использована для того, чтобы предвидеть поведение алгоритмов в специфических случаях. Из выражения (3) следует $\lambda = \mu$. Равенство достигается только в том случае, если оно гарантирует

$$\lambda_k = \mu_k (\forall k, k \in 1, \dots, i). \quad (5)$$

Выражение (5) будем называть «условием оптимальности».

Для оценки выбранных алгоритмов был определён ряд сценариев. Сценарии основаны на оценке характеристик ключевых элементов системы, которые влияют на её производительность.

Разница обработки. Разница между нормами обработки μ_i различных подписчиков является важной характеристикой. Если подписчик k имеет значение $\mu_k \ll \mu_{k+1}$, то система становится несбалансированной. Когда подписчики имеют различные интенсивности обработки, то говорят что существует шаблон, а система может быть с шаблоном или без него.

Задержка. Задержка в системе может замедлить полную обработку.

Полоса пропускания. Ограничение полосы пропускания может создать дополнительное узкое место в системе.

На основе этих трёх влияющих факторов были определены пять сценариев:

1. Нет шаблона – нет задержки – полоса пропускания ограничена.
2. Шаблон – нет задержки – неограниченная полоса пропускания.
3. Нет шаблона – задержка – неограниченная полоса пропускания.
4. Шаблон – задержка – неограниченная полоса пропускания.
5. Нет шаблона – нет задержки – полоса пропускания ограничена.

Проблема ограничения полосы пропускания является общей проблемой и оценивается только в 1 и 5 сценариях. Когда есть ограничение полосы пропускания, то оно влияет на всех подписчиков.

Рассмотрено ожидаемое поведение выбранных алгоритмов, используя разработанную модель для каждого из перечисленных сценариев.

В сценарии 1 все подписчики имеют одинаковую среднюю интенсивность обслуживания. Это означает, что для всех алгоритмов:

$$\mu_k = \mu (\forall k, k \in 1, \dots, i). \quad (6)$$

В сценарии 2 подписчики имеют различные значения интенсивности обслуживания (от одного подписчика к другому). Для всех j и $k \in 1, \dots, i$ можно записать

$$\mu_k \neq \lambda_j (j \neq k). \quad (7)$$

В сценарии 3 сообщения передаются с задержкой d между LB и подписчиком. Нормы обработки всех подписчиков идентичны.

В сценарии 4 подписчики имеют различные значения норм обслуживания μ_i , имеются задержки в системе.

В сценарии 5 поддержка коммуникации имеет ограниченную пропускную способность. Следует отметить, что такое ограничение может вынудить все алгоритмы стать субоптимальными. Действительно, если ограничение пропускной способности слишком велико, то не будет возможности иметь достаточно большую норму поступления сообщений, чтобы уравнение (1) было справедливым, поэтому рассмотрение сценария для каждого алгоритма, это только попытка показать, какие его элементы находятся под влиянием ограничения пропускной способности.

Для подтверждения теоретических предположений и всестороннего анализа выбранных алгоритмов в главе 5 были проведены экспериментальные исследования.

В **четвёртой главе** рассматриваются вопросы, связанные с разработкой концептуальной модели информационного домена МИИСТКД как онтологии контроля и диагностики, а так же языка взаимодействия между его компонентами (агентами).

Разработана модель поведения тестового и инспекционного оборудования в виде диаграммы состояний Харела, что позволило определить основные состояния тестового и инспекционного оборудования и условия их переходов. Наиболее характерные состояния и их переходы определяются событиями, связанными взаимодействием оборудования с внешней средой (объектами контроля и диагностики, оператором, "хозяином", смежным оборудованием) и внутренними процессами (сбоем, метрологическим отказом, катастрофическим отказом). Во всех случаях оборудование должно послать соответствующее сообщение. На рисунке 5 приведена разработанная диаграмма состояний.

Разработаны структуры сообщений, генерируемые тестовым/инспекционным оборудованием, содержащие информацию об их техническом и метрологическом состоянии, что позволяет осуществлять мониторинг метрологического состояния оборудования и своевременно проводить ремонтно-восстановительное и метрологическое обслуживание.

Осуществлено семантическое моделирование домена контроля и диагностики, определены основные информационные объекты, отношения между ними и ограничения.

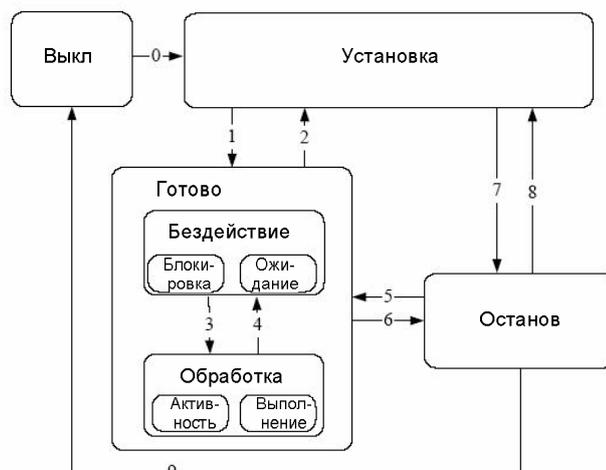


Рисунок 5 – Диаграмма состояний

В результате системного анализа процессов тестирования, инспекции и ремонта электронных узлов была разработана концептуальная схема домена контроля и диагностики (ДКД). На рисунке 6 она представлена в нотации Баркера и относится к классу моделей, называемых "расширенными" или семантическими. С целью отображения семантики ДКД на семантику и структуру XML-сообщений объекты концептуальной схемы интерпретируются как ключевые события, генерирующие эти сообщения. На рисунке 6 представлены объекты ключевых событий, отношения между ними и кардинальные числа, связанные с формированием сообщений о состоянии выпускаемой продукции. Перечисленные события необходимы для того, чтобы отследить продукцию и процесс контроля качества, а кроме того, влиять на качество через коррелированную с дефектом сигнатуру ошибки, адресуемую к действиям по ремонту и восстановлению.

Предложен теоретико-множественный подход к отображению семантики домена ДКД на структуру XML-сообщений. Это позволило формально специфицировать XML-схемы и осуществлять их проверку (синтаксический анализ). В рамках этого подхода были решены следующие задачи:

- 1) разработка теоретических основ для моделирования XML-структур;
- 2) разработка формализма для доказательства правильности XML-структур;
- 3) разработка формального метода отображения семантики предметной области на XML-структуры;
- 4) определение того, удовлетворяют ли полученные результаты требованиям XML-алгебры и какой вклад вносят в область формализации XML-приложений.

В качестве ключевых принципов были определены следующие:

- *моделирование XML-структур в виде направленных графов (DG) вместо традиционного древовидного представления*; граф $DG = (N, L)$, где N – множество вершин; $L \subseteq N_S \times N_E \times LS$ – множество связей; $N_S \subseteq N$ – множество начальных вершин; $N_E \subseteq N$ – множество конечных вершин; $LS \subseteq \prod_{n \in N} L_n$ – множество соединений таких, что

$LS = \{(l_1, l_2, l_3, \dots, l_k) \mid k \geq 0 \wedge \forall i, k \geq i: t(l_i) = s(l_{i+1})\}$; l – множество связей; $s(l), t(l)$ – две функции, определяющие связи l так, что $s(l) = n_s, t(l) = n_e$; s – отображение на началь-

ные узлы n_s ; t – отображение на конечные узлы n_e ; рекурсивное определение последовательности связей можно представить как $L = \{ \langle n_s, n_e, l_s \rangle \mid l_s = l_s^0 \vee \forall l_s \neq l_s^0 : s(l_s) = n_s \wedge t(l_s) = n_s \}$;

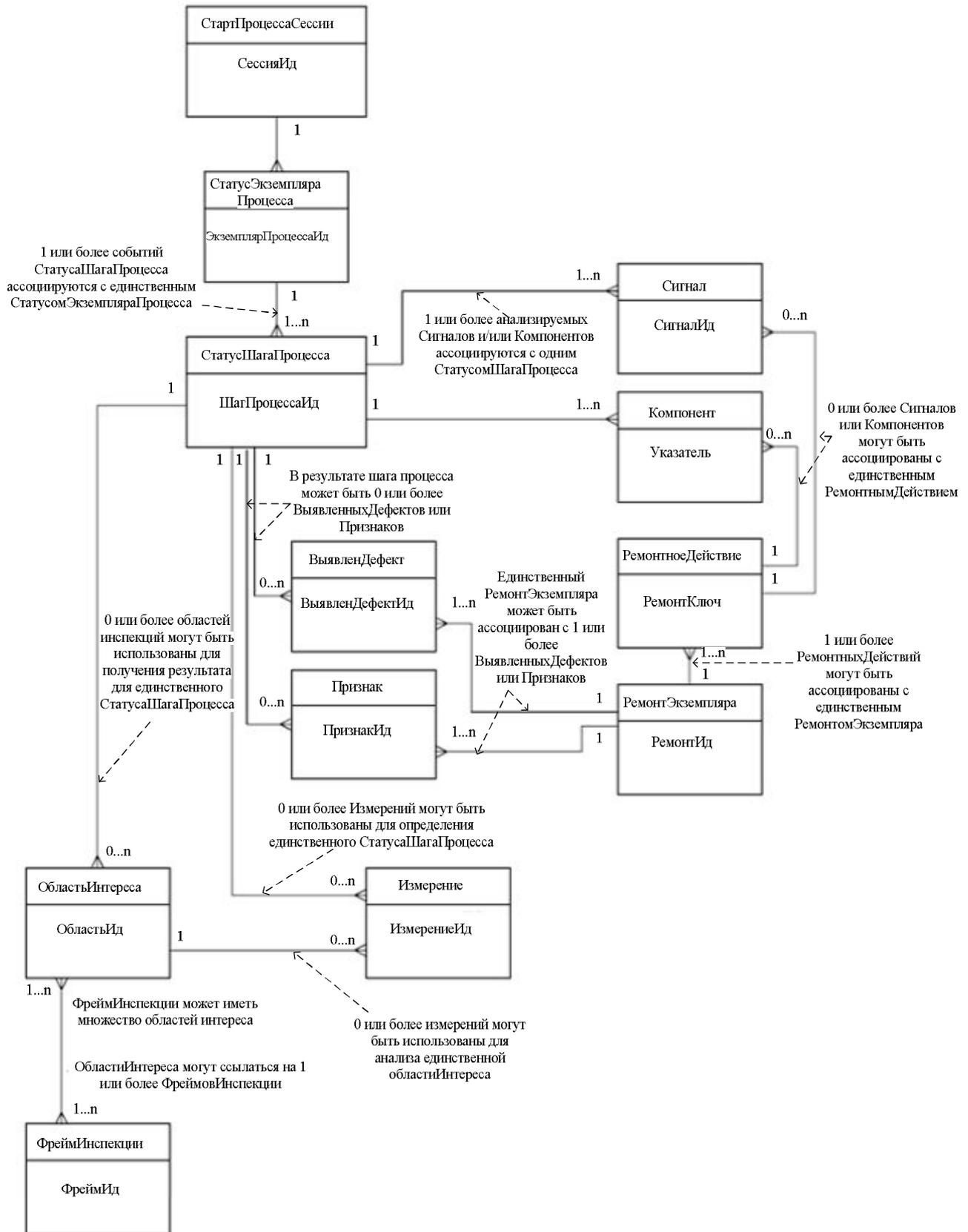


Рисунок 6 – Концептуальная схема ДКД

- тип как средство отображения понятий предметной области в XML-структурах; введены понятия: $NT = \{t_{node}\}$ – множество узлов определённого типа; $LT = \{t_{inc}\}$ – множество связей определённого типа, используемых для того, чтобы понятия предметной области отобразились на типах узлов, а отношения между понятиями отобразились на типах связей; вводится нотация, определяющая Граф_Типов (TG): $TG = (TN, TL, dom(TG))$, где TN – множество типов вершин; TL – множество типов связей; $dom(TG)$ – домен типов;

- типы иерархий как отображение предметной области на различные уровни иерархии; для графа типов были расширены понятия типов вершин и типов связей введением типов иерархий:

$NT_H = (NT, L_{NT})$ – иерархия типов вершин;

$LT_H = (LT, LT_{LH})$ – иерархия типов связей;

$GT = (NT_H, LT_H)$ – типовой граф;

- выражение знаний предметной области через структурные ограничения: s-card, e-card – ограничения на кардинальные числа;

- трёхуровневая метамодель (рис. 7), обеспечивающая последовательное разделение структуры и содержания с определением типов и структурных ограничений:

$TG = (TN, TL, dom(TG))$ – граф уровня примера;

$GT = (GTN, GTL, dom(GT))$ – граф уровня типа;

$MT = (MNT, MLT)$ – граф уровня метатипа.

Разработаны схемы сообщений, которые совместно с концептуальной моделью являются основой построения онтологии домена контроля и диагностики.

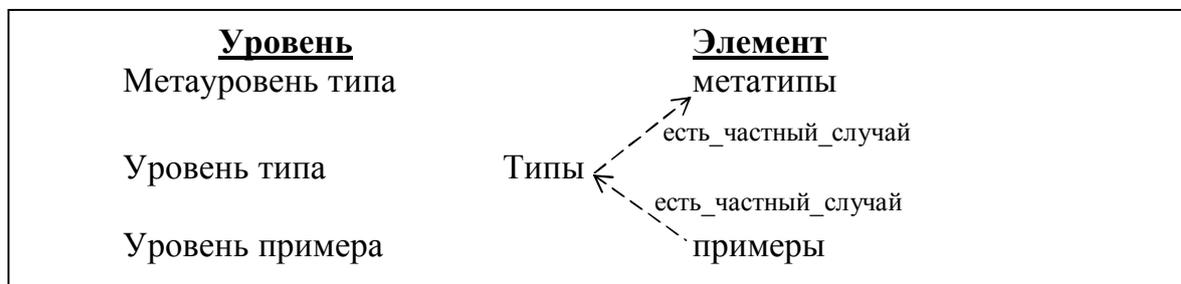


Рисунок 7 – Трёхуровневая метамодель

Пятая глава посвящена разработке и экспериментальным исследованиям инфраструктуры взаимодействия компонентов (агентов) МИИСТКД.

Разработана виртуальная машина (VM) имитирующая поведение компонентов МИИСТКД. Субпанели VM представлены на рисунке 8.

Проведены экспериментальные исследования коммуникационного механизма МИИСТКД с использованием VM.

Для проверки работоспособности предложенного метода коммуникации было проведено 8 типов тестов.

Исследованы возможности использования MSMQ и IIS в качестве Брокера Сообщений МИИСТКД с сервисом диспетчера, которые показали равномерное распределение количества сообщений по каждому сервису процессора (в количестве 3): 23, 30, 23%.



Рисунок 8 – Консоль VM

Проведено экспериментальное исследование алгоритмов балансирования загрузки для подтверждения теоретических предположений, сделанных в главе 3, и их всестороннего анализа. Для этого была разработана экспериментальная установка. Обоснованная конфигурация и практическая реализация исследовательской установки изображена на рисунке 9.

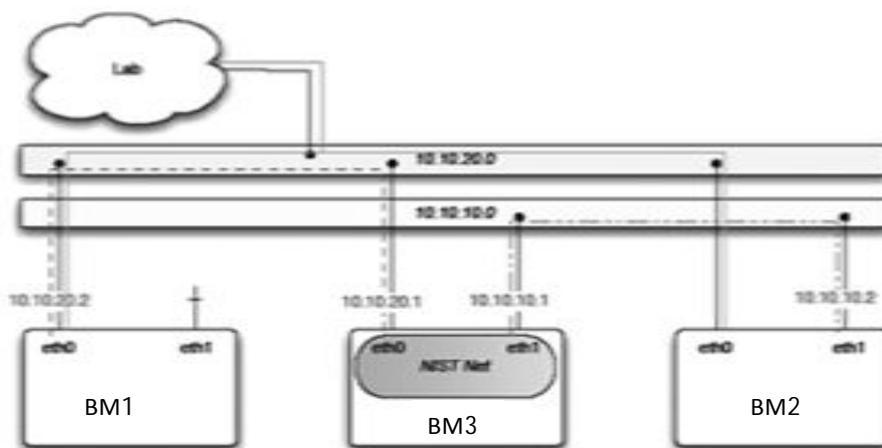


Рисунок 9 – Установка для экспериментальных исследований

Основной задачей исследования ставилась задача анализа и сравнения времени, которое выбранные алгоритмы балансирования загрузки затрачивают на обработку фиксированного числа издаваемых сообщений.

Измерение времени осуществляется при приёме каждого сообщения каждым подписчиком.

С целью исследования поведения алгоритмов балансирования загрузки, в проводимых экспериментах, анализируются изменения двух основных параметров – это *системные задержки* и *пропускная способность сети*. Одной из причин выбора этих параметров является их влияние на сообщения обратной связи.

Чтобы управлять обратной связью между VM1 и VM2 должен быть организован только один путь, который проходит через эмулятор сети VM3 (NIST Net).

Для проведения экспериментов использовались сценарии, рассмотренные в главе 3. В них подписчики имеют либо одинаковые нормы времени обслуживания сообщений или устанавливаемые для каждого подписчика по шаблону.

Чтобы моделировать изменение продолжительности времени обработки, было введено время обработки, изменяющееся по экспоненциальному закону.

Проведён анализ результатов экспериментов для исследуемых алгоритмов.

Pull алгоритм больше остальных подвержен влиянию ограничения полосы пропускания, но, при этом, наиболее стабилен в поведении. Это объясняется тем, что он посылает запросы для каждого сообщения, а время просто ограничено скоростью обработки эмулятором сообщений, находящихся в буфере.

В алгоритме на основе Кредита очевидно проявление некоторой временной задержки, что происходит из-за регулярно посылаемых обновлений кредита. Случайный и циклический алгоритмы являются слишком хаотичными, чтобы каким-либо образом интерпретировать полученные результаты.

В заключении приведены основные научные выводы и практические результаты диссертационной работы.

1. На основании анализа тенденций развития современного производства, связанного с появлением парадигмы интеллектуальных распределённых производственных систем, сформулированы основные признаки и требования к новому поколению ИИС технического контроля и диагностики РЭА – мультиагентным виртуальным информационно-измерительным системам. Распределённый характер систем требует выполнения свойств прозрачности, открытости и масштабируемости. Проведённый анализ показал, что на сегодняшний день практически отсутствуют как таковые теории таких систем и методология их построения.

2. Впервые предложен и обоснован мультиагентный подход к анализу и проектированию нового класса информационно-измерительных систем – МИИСКД. Разработанная методология основана на метамодельном представлении системы, что позволило отразить различные системные аспекты и понятия, связанные с её организацией, целями и задачами, предметной областью, агентами-учредителями и их взаимодействием, а также взаимодействием с внешней средой.

3. Разработаны принципы информационной интеграции агентов-учредителей МИИСКД – автоматизированного тестового и инспекционного оборудования АТИО. Выбрана модель взаимодействия агентов МИИСКД на Web-основе, использующая HTTP протокол и XML-сообщения, рассматривающая Internet/Intranet как распределённую вычислительную платформу предприятия.

4. Разработан протокол взаимодействия агентов с Брокером Сообщений, сформулированы ограничения и правила целостности передаваемых данных, специфицировано коммуникационное программное обеспечение агентов домена сотрудничества. Разработана модель поведения АТИО в виде диаграммы состояний Харела, определены основные состояния оборудования и условия их переходов, связанные с генерацией сообщений о техническом и метрологическом состоянии.

5. В результате системного анализа процессов тестирования, инспекции и ремонта ЭУ была разработана концептуальная модель домена контроля и диагностики (ДКД). Предложен теоретико-множественный подход к формальному отображению семантики ДКД на структуру XML-сообщений. Разработаны схемы XML-сообщений о результатах операций контроля и диагностики и оценках метрологического состояния АТИО. Показано, что при асинхронности событий отношения между сообщениями-

ми в виде ссылок связывают и группируют их воедино. Разработанные схемы сообщений послужили основой для построения онтологии технического контроля и диагностики (ОТКД) домена сотрудничества. Формирование ОТКД, обеспечение взаимодействия на её основе ключевых служб позволяют рассматривать МИИСТКД как полноценный информационный актив предприятия, обеспечивающий достоверной информацией о результатах контроля качества выпускаемых изделий, а также метрологическом и техническом состоянии АТИО.

6. Предложены и исследованы алгоритмы эффективной схемы балансирования загрузки Брокера Сообщений коммуникационной инфраструктуры МИИСТКД, обеспечивающие распределение процесса обработки сообщений поступающих от издателей (компонентов МИИСТКД) между несколькими граничными серверами сети с целью оптимизации использования ресурсов и сокращения времени обработки.

7. Для целей экспериментальных исследований была разработана виртуальная программная система (виртуальная машина VM), позволяющая моделировать все виды сообщений реального тестового и инспекционного оборудования, передавать их по сети через Брокер Сообщений, имитируя ситуацию взаимодействия.

Анализ приведённых выше результатов показывает, что в представляемой работе содержится решение важной научно-технической задачи, имеющей существенное значение для развития нового подхода к организации информационно-измерительных систем технического контроля и диагностики, удовлетворяющих требованиям современного производства РЭА.

ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Чехов А.П. Выбор средств технического контроля на этапе технологической экспертизы / Антипов В.А., Чехов А.П. // Вестник Рязанского государственного радиотехнического университета. – 2012. – №1. – С. 52-56.

2. Чехов А.П. Построение телемедицинской системы на основе коммуникационной парадигмы Публикация/Подписка / Антипов В.А., Антипов О.В., Чехов А.П. // Биомедицинская радиоэлектроника. – 2012. – №7. – С. 64-69.

3. Чехов А.П. Сетевая инфраструктура единого информационного пространства виртуальных медицинских организаций / Антипов В.А., Антипов О.В., Чехов А.П. // Биомедицинские технологии и радиоэлектроника. – М.: Радиотехника 2014, №7. – С. 61 -69.

4. Чехов А.П. Организация распределённых информационно-измерительных систем / Антипов В.А., Казаков В.В., Чехов А.П. // Монография. – М.: МГУПС, 2012. – 95 с.

5. Чехов А.П. Построение ИИС на базе сетевой инфраструктуры INDUSTRIAL ETHERNET / Антипов В.А., Гузенко Р.Е., Чехов А.П. // Математическое и программное обеспечение вычислительных систем: межвуз. сб. науч. тр. – Рязань: РГРТУ, 2010. – С. 126-130.

6. Чехов А.П. Методика проектирования мультиагентной ИИС / Антипов В.А., Гузенко Р.Е., Чехов А.П. // Программные информационные системы: межвуз. сб. науч. тр. – Рязань: РГРТУ, 2010. – С. 11-16.

7. Чехов А.П. Обзор и анализ алгоритмов балансирования загрузки / Антипов В.А., Гузенко Р.Е., Чехов А.П. // Информационно-измерительная и биомедицинская техника: межвуз. сб. науч. тр. – Рязань: РГРТУ, 2011. – С. 170-176.

8. Чехов А.П. Исследование эффективности схем балансирования загрузки в системах с очередью сообщений / Антипов В.А., Гузенко Р.Е., Чехов А.П. // Инфор-

мационно-измерительная и биомагнитная техника: Межвузовский сборник научных трудов. Под ред. В. И. Жулева. – Рязань: РГРТУ, 2011. – С. 177-187.

9. Чехов А.П. Исследование эффективности схем балансирования загрузки в системе с очередью сообщений / Чехов А.П. // Новые информационные технологии в научных исследованиях: материалы XVI ВНТК студ. и мол. учен. и спец. – Рязань: РГРТУ, 2011. – С. 91-93.

10. Чехов А.П. Разработка экспериментальной установки и исследование алгоритмов балансирования загрузки / Антипов В.А., Гузенко Р.Е., Чехов А.П. // Программные информационные системы: межвуз. сб. науч. тр. – Рязань: РГРТУ, 2011. – С. 105-112.

11. Чехов А.П. Результаты экспериментальных исследований алгоритмов балансирования загрузки / Антипов В.А., Чехов А.П. // Информационно-измерительная и биомедицинская техника: межвуз. сб. науч. тр. – Рязань: РГРТУ, 2013. – С. 85-103.

12. Чехов А.П. Передача сообщений о метрологическом и техническом состоянии тестового и инспекционного оборудования в процессе производства РЭА / Антипов В.А., Чехов А.П. // Информационно-измерительная и биомедицинская техника: межвуз. сб. науч. тр. – Рязань: РГРТУ, 2013. – С. 80-85.

13. Чехов А.П. Анализ и выбор базовой методологии построения мультиагентной модели для автоматизации управления транспортном / Чехов А.П. // Транспортно-логистические комплексы, актуальные проблемы функционирования: материалы: МНПК. – Рязань: МИИТ, 2013. – С. 99-103.

14. Чехов А.П. Взаимосвязь технического контроля и диагностики с задачами менеджмента качества / Антипов В.А., Чехов А.П. // Современные проблемы и приоритетные направления развития транспортной системы в России: материалы ВНК. – Рязань: МИИТ, 2013. – С. 97-100.

15. Чехов А.П. Новые информационно-измерительные технологии. Построение ИИС на основе стандарта LXI / Антипов В.А., Чехов А.П. // Учебное пособие. – Рязань: РГРТУ, 2011. – 64 с.

16. Чехов А.П. Информационно-измерительные технологии. Построение ИИС на основе стандартов GPIB, VXI, PXI / Антипов В.А., Чехов А.П. // Учебное пособие. – Рязань: РГРТУ, 2012. – 64 с.

17. Патент на полезную модель № 108803. 27.09.2011. Измеритель комплексного сопротивления с компенсацией паразитных параметров. / Антипов В.А., Казаков В.В., Мелёхин В.П., Третьякова В.В., Чехов А.П.

18. Патент на полезную модель № 106384. 10.07.2011. Преобразователь сопротивления в напряжение. / Антипов В.А., Мелёхин В.П., Третьякова В.В., Чехов А.П.

Соискатель



А.П. Чехов

Чехов Антон Павлович

Организационная структура распределённой системы технического контроля и
диагностики процесса изготовления РЭА

Автореферат
диссертации на соискание учёной степени
кандидата технических наук

Подписано в печать .10.14. Формат бумаги 60*84 1/16.

Бумага офсетная. Печать трафаретная. Усл. печ. л. 1,0.

Тираж 100 экз. Заказ

Рязанский государственный радиотехнический университет.

390005, Рязань, ул. Гагарина, 59/1.

Отпечатано в НПЦ "Информационные технологии".

г. Рязань, ул. Островского, 21/1. Тел.: (4912) 98-69-84.