

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

---

Экз. \_\_\_\_

На правах рукописи



Морозов Сергей Александрович

**Метод оценки и средства улучшения качества**  
**программно-аппаратных комплексов центров хранения и**  
**обработки данных**

Специальность: 05.02.23 - Стандартизация и управление качеством продукции

Диссертация на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

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

Санкт-Петербург – 2018

## Оглавление

<b>Введение .....</b>	<b>4</b>
<b>Глава 1. Современное состояние, перспективы развития и совершенствования качества программно-аппаратных комплексов центров обработки и хранения данных. Постановка задач исследования .</b>	<b>12</b>
1.1. Состояние и перспективы развития сетей центров обработки и хранения данных для информационного обслуживания органов государственного и корпоративного управления .....	12
1.2. Качество программно-аппаратных комплексов центров обработки и хранения данных .....	20
1.3. Современный научно-методический инструментарий улучшения качества ПАК центров обработки и хранения данных .....	38
1.4. Формулировка научной задачи исследования .....	44
1.5. Выводы по 1 главе.....	50
<b>Глава 2. Научно-методические средства оценки качества программно-аппаратных комплексов центров обработки и хранения данных .....</b>	<b>54</b>
2.1. Оценка качества ПАК центров обработки и хранения данных .....	54
2.2. Базисная совокупность требований к формированию ПАК центров обработки и хранения цифровых данных.....	74
2.3. Направления использования научно-методических средств оценки качества ПАК центров обработки и хранения данных .....	91
2.4. Выводы по 2 главе.....	95
<b>Глава 3. Научно-методические средства улучшения качества программно-аппаратных комплексов центров хранения и обработки данных .....</b>	<b>98</b>
3.1. Модель повышения результативности облачных вычислений за счет использования динамических программных библиотек и сервисов прикладного функционала .....	98

3.2. Методика определения отклик-процедур улучшения качества программно-аппаратных комплексов центров обработки и хранения данных .....	126
3.3. Оценка эффективности результатов исследования .....	156
3.4. Выводы по 3 главе.....	162
<b>Заключение.....</b>	<b>164</b>
<b>Список сокращений и условных обозначений.....</b>	<b>168</b>
<b>Словарь терминов.....</b>	<b>169</b>
<b>Список литературы.....</b>	<b>173</b>
<b>Приложение А.....</b>	<b>183</b>
<b>Приложение Б.....</b>	<b>184</b>
<b>Приложение В.....</b>	<b>199</b>

## Введение

**Актуальность работы.** Широкое внедрение информационных технологий во все сферы жизни современного общества, возникшая необходимость обрабатывать в реальном масштабе времени и хранить значительные объемы цифровой информации привели к созданию сетей государственных и корпоративных центров хранения, и обработки данных (они же ЦХОДы, ЦОДы, Data-центры) как во всем мире, таки во всех регионах России. Главная цель их создания – обеспечение цифровой информатизации и непрерывного доступа в Internet органов государственного и корпоративного управления, а также коммерческих потребителей. Указанные центры доказали свою жизнеспособность, они значительно повысили эффективность всей инфраструктуры цифровой информатизации, обеспечив высокоуровневую интеграцию телекоммуникационных и софтверных услуг для широких слоев субъектов бизнеса, государственного строительства и населения страны.

Базовой функциональной платформой любого из Data-центров является соответствующий программно-аппаратный комплекс (ПАК) для предоставления услуг по выделению ресурсов для размещения информации на сервере, постоянно находящемся в сети (Далее – Хостинга) органам государственного и корпоративного управления, а так же коммерческим потребителям. Именно качество аппаратных, программных и информационных изделий, входящих в такой комплекс, их согласованная стыковка и взаимоувязанное включение, определяют итоговое качество хостинг-услуг предоставляемых потребителям. Постоянно нарастающие требования к объему и качеству IT-услуг, развитие мировой тенденции в области накопления и обработки цифровых данных, известное как проблематика больших данных (Big Data), объективно требуют непрерывного развития количественных и качественных возможностей сетей Data-центров. Это, в свою очередь, диктует

необходимость улучшения качества ПАК, как ключевого компонента указанных центров.

Однако недостаточная разработанность научно-методического инструментария оценки и улучшения качества ПАК для Data-центров приводит к эмпирическому характеру проектирования и формирования таких комплексов, предопределяемому текущей практикой создания и совершенствования технических средств для предоставления услуг хостинга. Это приводит к низкой эффективности процессов проектирования и модернизации указанных ПАК, недостаточности текущих возможностей информационно-телекоммуникационной инфраструктуры доступного хостинга, торможению внедрения новых высокоэффективных технологий в практику обработки больших данных (Например, технологий облачных вычислений).

Таким образом, актуальность темы диссертационного исследования определяется необходимостью разрешения объективного противоречия между существующей потребностью в комплексном научно-методическом инструментарии оценки и улучшения качества программно-аппаратных комплексов центров обработки и хранения данных (Data-Центров) и недостаточным уровнем развития этого инструментария в настоящий момент.

**Степень разработанности темы** исследования, направленного на развитие специализированных методов квалиметрической оценки и средств улучшения ПАК для Data-центров, характеризуется научной междисциплинарностью и определяется результатами научных работ ученых различных направлений. Методологической основой для разработки диссертации явились результаты следующих исследований:

– инновационный подход современной квалиметрии к интегральным системным показателям качества, раскрытый в работах Э.П.Райхмана, А. В. Гличева, В.П. Панова, А.Г.Варжапетяна, Е.Г.Семеновой, Д.Коудена, Х.Й.Миттага, Х.Ринне, Н.Н.Рожкова, В.К.Федюкина и др. На основе данного подхода в дис-

сертации произведена предметная интерпретация и конкретизация моделей оценки и улучшения качества применительно к ПАК для Data-центров;

– направление совершенствования логико-математических и алгоритмических моделей оценки качества программно-аппаратных комплексов и систем, разработанных в научных исследованиях М.Джилба, Б.Боэма, Т.Саати, К.Кернса, В.В.Липаева, Н.В.Хованова, Р.А.Червинского, Я.А.Ивакина, Р.М.Юсупова, Б.В.Соколова, А.Л.Ронжина, Г.И.Коршунова, С.В.Мичурина и др. Базовые методы и принципы этого направления дали возможность обосновать унифицированно-стандартизированную меру оценки качества ПАК Data-центров;

– объектно-ориентированный подход к проектированию и разработке программного обеспечения (ПО) для высоко сложных программных комплексов, предложенный в работах Г. Буча, Б.Я. Советова, В.Ю. Осипова, В.В. Поповича, Я.А. Ивакина, С.Н. Потапычева, А.Н. Прокаева, Ю.Б. Леонтьева и др. На основе такого подхода созданы и апробированы научно-методические средства, которые позволили рассмотреть процесс разработки прикладного ПО для ПАК Data-центров как последовательность итераций оценки и улучшения его качества.

**Целью работы является:** улучшение качества и обеспечение системного развития программно-аппаратных комплексов центров обработки и хранения данных (Data-Центров) путем учета логико-структурной вложенности качественных показателей, а также систематизации требований и корректного использования в ходе совершенствования методов их системного проектирования.

**Объект исследования** – качество программно-аппаратных комплексов центров обработки и хранения данных.

**Предмет исследования** - оценка и улучшение качества программно-аппаратных комплексов центров обработки и хранения данных.

**Задачи исследования.** В ходе работы поставлены и решены задачи:

1. Анализ предметной области разработки, создания ПАК для Data-центров и синтез метода оценки качества таких программно-аппаратных комплексов;
2. Формирование и обобщение базисной совокупности требований к формированию ПАК Data-центров, как методологической основы для введения стандартов организаций-создателей таких комплексов;
3. Обоснованная разработка модели повышения результативности облачных вычислений за счет использования динамических программных библиотек и сервисов прикладного функционала, как интегральной схемы совершенствования услуг, предоставляемых Data-центрами;
4. Выработка методики определения отклик-процедур улучшения качества программно-аппаратных комплексов центров обработки и хранения данных, позволяющей определять направления улучшения качества ПАК Data-центров.

**Методы исследований.** Для осуществления поставленных в работе задач автором использовались методы объектно-ориентированного подхода к разработке ПО, менеджмента качества, экспертно-статистического оценивания, исследования операций и математического метода районирования, методы синтеза интегральных показателей, а также методы квалиметрии сложных программно-аппаратных комплексов.

**Тематика работы** соответствует областям исследования: 1. «Методы анализа, синтеза и оптимизации, математические и информационные модели состояния и динамики качества объектов»; 3. «Методы менеджмента качества объектов и услуг на различных стадиях жизненного цикла»; 5. «Методы стандартизации и управления качеством в CALS-технологиях и автоматизированных производственных системах»; 9. «Научные основы автоматизированных комплексных систем управления эффективностью производства и качеством работ» паспорта специальности **05.02.23** – “Стандартизация и управление качеством продукции”.

**Основные положения, выносимые на защиту (научные результаты):**

1. Метод оценки качества программно-аппаратных комплексов центров обработки и хранения данных (Data-центров);

2. Базисная совокупность требований к формированию программно-аппаратных комплексов центров обработки и хранения данных;

3. Модель повышения результативности облачных вычислений за счет использования динамических программных библиотек и сервисов прикладного функционала;

4. Методика определения отклик-процедур улучшения качества программно-аппаратных комплексов центров обработки и хранения данных.

**Научная новизна** диссертационной работы заключается в следующем:

1. Метод оценки качества программно-аппаратных комплексов центров обработки и хранения данных позволяет усовершенствовать существующий методический аппарат оценки ПАК Data-центров путем сведения в единую вложенную структуру всего множества показателей качества таких комплексов и получить рост в обоснованности решений по управлению этим качеством.

2. Базисная совокупность требований к формированию ПАК Data-центров дает возможность выйти на более высокий уровень типизации процедур построения указанных комплексов путем более полного учета многофакторности процессов их проектирования, создания и эксплуатации.

3. Модель повышения результативности облачных вычислений за счет использования динамических программных библиотек и сервисов прикладного функционала обеспечивает рост результативности функционирования ПАК Data-центров путем внедрения в их функционирование более совершенной схемы предоставления хостинг-услуг органам государственного и корпоративного управления, а также коммерческим потребителям.

4. Методика определения отклик-процедур улучшения качества программно-аппаратных комплексов центров обработки и хранения данных обеспечивает корректную интерпретацию результатов оценки текущего качества ПАК Data-центров, за счет использования математического метода районирования.

**Обоснованность и достоверность.** Обоснованность научных результатов обусловлена анализом научных достижений предметной области, рассмотрением и обобщением в работе широкого круга альтернативных научных подходов.



Достоверность научных результатов обеспечивается корректным применением апробированного в исследовательской практике научно-методического инструментария, подтверждается экспериментальными данными, а так же фактами внедрения результатов в компаниях-проектантах и эксплуатантах Data-центров.

**Практическая значимость** научных результатов работы состоит в:

- оснащении процедур оценки качества ПАК Data-центров инструментарием корректного построения интегральных показателей их качества с взвешенной, иерархической структурой;
- обеспечении возможностей снижения итеративности в разработке проектов ПАК для Data-центров;
- предложении научного и методического аппарата, усовершенствующего процесс оценки и улучшения качества ПАК Data-центров;
- приоритетном применении в практике проектирования ПАК для Data-центров научно-методического инструментария, обеспечивающего рационализацию усилий проектантов;
- снижении трудозатрат на проектирование и создание ПАК Data-центров (среднего времени проектирования и отладки программного модуля реализации типовой прикладной функции хостинг-услуги на 18 -20%);
- снижении трудозатрат на сопровождение (среднего времени перекомпоновки и верификации ПО типовой архитектуры на 11-14%).

В ходе работы над диссертацией разработана библиотека базовых программных компонент для автоматизации оценки и улучшения качества программно-аппаратных комплексов центров обработки и хранения данных для предоставления хостинг-услуг органам государственного и корпоративного управления, а также коммерческим потребителям.

Обоснован и предложен типовой стандарт «Оценка и процедуры улучшения качества программно-аппаратных комплексов центров обработки и хранения данных для предоставления хостинг-услуг потребителям», который определяет прикладные методики и мероприятия оценки, улучшения качества соответствующих ПАК, в ходе их проектирования и создания, а также функционал

реализаторов создания и эксплуатантов Data-центров. Стандарт прошел внедрение и утверждение на предприятии АО «СПИИРАН-НТБВТ» (г. Санкт-Петербург) в 2017 году.

**Личный вклад автора** заключается в непосредственной разработке метода оценки и научно-методических средств улучшения качества ПАК Data-центров, базисной совокупности требований к формированию указанных комплексов. Также самостоятельно автором предложены модель повышения результативности облачных вычислений за счет использования динамических программных библиотек и сервисов прикладного функционала, методика определения отклик-процедур улучшения качества ПАК Data-центров, стандарт «Оценка и процедуры улучшения качества программно-аппаратных комплексов центров обработки и хранения данных для предоставления хостинг-услуг потребителям» в качестве типового для ИТ-организаций. Все основные научные положения (результаты), выносимые на защиту, и выводы, представленные в диссертационной работе, получены автором самостоятельно. Автор лично участвовал в апробации и публикации результатов исследования.

**Реализация работы.** Результаты, полученные в диссертационной работе, апробированы и внедрены при проектировании и разработке проектов создания и развития ПАК центров обработки и хранения данных для предоставления хостинг-услуг органам государственного, корпоративного управления и коммерческим потребителям, что подтверждено соответствующим актом внедрения АО «СПИИРАН-НТБВТ» (г. Санкт-Петербург). Результаты исследования внедрены в АО «Научно-производственное предприятие «Радар ммс»; в ФГБУН Санкт-Петербургском институте информатики и автоматизации Российской академии наук; в образовательный процесс ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения».

**Апробация.** Научные результаты диссертационной работы докладывались и обсуждались на 6 международных и 4 общероссийских научных и научно-практических конференциях, семинарах.

**Публикации.** По теме диссертации опубликовано 15 работ, из них: 10 – без соавторов, в том числе 5 статей в рецензируемых научных журналах из перечня ВАК Минобрнауки РФ.

**Объем и структура диссертации.** Диссертация состоит из введения, трех глав, заключения, списка использованной литературы, содержащего 109 наименований, и двух приложений. Основной текст диссертации представлен на 167 страницах, включая 17 таблиц и 33 рисунка. Общий объем диссертационной работы с учетом приложений составляет 205 страниц.

# **Глава 1. Современное состояние, перспективы развития и совершенствования качества программно-аппаратных комплексов центров обработки и хранения данных. Постановка задач исследования**

## **1.1. Состояние и перспективы развития сетей центров обработки и хранения данных для информационного обслуживания органов государственного и корпоративного управления**

Центры хранения и обработки данных (ЦХОДы или ЦОДы, далее - Data-центры) в последние десять лет нашли самое широкое применение в цифровой инфраструктуре во всем мире. Не является исключением для этого тезиса и территория РФ, включая все её регионы. Они стали фактором подлинной катализации процессов широкого внедрения Internet-услуг, применения технологий безбумажного документооборота, цифровой информатизации органов государственного и муниципального управления, и пр.

В Российской Федерации единого правоустанавливающего документа, регламентирующего создание и использование Data-центров, в прямой постановке, в действие не введено. Вместе с тем, в современных условиях разработка, внедрение и эксплуатация Data-центров определяется рядом правовых и регламентирующих, в части касающейся, документов, которые в совокупности формируют правовую базу их создания. Это прежде всего:

- Закон РФ № 8-ФЗ от 9 февраля 2009 года «Об обеспечении доступа к информации о деятельности государственных органов и органов местного самоуправления»;
- Закон РФ №152-ФЗ от 27 июля 2006 года «О персональных данных»;
- Закон № 126-ФЗ от 7 июля 2003 года «О связи»;
- Постановления Правительства РФ № 437-р от 26 марта 2014 года «О назначении ОАО «Ростелеком» единым оператором универсальных услуг связи»

от 26 марта 2014 года №437-р и № 1221 от 24 декабря 2013 года «О мерах по обеспечению оказания универсальных услуг связи»;

- Постановление Правительства РФ № 42 от 28 января 2012 года  
Постановление Правительства РФ "О внесении изменений в некоторые акты Правительства Российской Федерации, регулирующие отношения в области связи";

- Постановление Правительства РФ № 861 от 24 октября 2011 года  
Постановление Правительства РФ "О федеральных государственных информационных системах, обеспечивающих предоставление в электронной форме государственных и муниципальных услуг (осуществление функций)";

- а так же целый ряд Приказов и Регламентов Министерства связи, и массовых коммуникаций РФ, Приказов Федерального агентства связи.

В целом, система правового регулирования создания и эксплуатации Data-центров характеризуется своей фрагментарностью и эклектичностью. Эти свойства объясняются стремительностью развития сети Data-центров, новизной и перспективностью информационной технологии создания в Internet централизованных «узлов» хостинг-ресурсов для нужд массовых потребителей.

Фундаментальным определяющим фактором интенсивного строительства и бурного развития сети Data-центров на научном уровне понимания является развитие мировой тенденции в области накопления и обработки цифровых данных, известное как проблематика больших данных (Big Data). Указанная проблематика заключается не в простой констатации экстенсивного роста данных в цифровой форме, которые ежедневно использует человечество. Она заключается в понимании того факта, что для принятия современных управленческих решений обрабатываются ранее немислимые объемы данных с неоговоренными заранее для анализа типами. Также она заключается в том, что сегодня становится все более очевидной тенденция: качество решений, принимаемых средствами цифровой электроники, начинает доминировать над качеством решений, принимаемых непосредственно людьми. Связное множество методологий и технологий, стоящих за нарастающей таким образом цифровой революцией,

сейчас условно и называется: Big Data [61]. Так, в частности, традиционная схема информационной поддержки принятия решений в государственных и корпоративных органах управления может быть обобщенно представлена как это показано на Рисунке 1.1.1.



Рисунок 1.1.1 – Традиционная схема информационной поддержки принятия решений в государственных и корпоративных органах управления

Фундаментальный недостаток традиционной схемы информационной поддержки принятия решений в государственных и корпоративных органах управления, проявившейся с глобальным ростом цифровых данных: первоначально цифровая информация собирается путем копирования в базу данных органа управления и запоминается, и только потом производится её обработка с целью выделения узкоспециального контента, используемого при принятии решений. В таком ключе работают сейчас все значимые аналитико-информационные системы поддержки управленческих решений. При описанной концептуальной схеме «запомнил – проанализировал» фиксируется на носителях памяти как сам контент, так и весь сопровождающий его «шум». В

идеале такой «шум» мог бы быть выявлен и аннулирован. Однако, такое выделение возможно именно в результате анализа информации, которое в традиционной концептуальной схеме следует за фиксацией на носителях памяти.

Одновременно необходимо констатировать: в смежных для современной информационной индустрии технических областях реализованы иные по последовательности действий концептуальные схемы к анализу исходных, т.н. неструктурированных данных. В качестве примера следует привести: алгоритмы фильтрации для выделения сигнала на фоне шума. Они предусматривают первоначальное выделение полезного сигнала на фоне шума, а затем анализ полезного сигнала и принятие решения. Конструктивным при этих концептуальных схемах является то, что в них нет необходимости предварительного запоминания всего объема информации, выдаваемой источником, а отделение полезного контента от шума происходит до принятия решения или запоминания контента. В частности, информационная технология потоковой обработки - это одна из новых технологий Big Data меняет порядок обработки данных от источника: вместо «запомнил – обработал», появляется схема «обработал – запомнил» [61].

Очевидно, чем выше доля удаляемого информационного шума, тем меньше выявленного полезного контента надо запомнить для принятий решений по текущим данным, тем ниже требования к объемам хранения. В силу того, что подавляющее большинство источников информации выдают её в реальном времени, то и фильтрацию необходимо осуществлять в реальном времени. В результате информационная технология потоковой обработки, понижая требование к объемам хранения в памяти, повышает требования к производительности вычислительной системы при фильтрации. Объективные теоретические пределы при потоковой обработке определяет не объем памяти, а производительность при фильтрации. В силу того, что источники данных независимы, то при потоковой обработке возможен массовый параллелизм: иными словами, применение больших ферм параллельно функционирующих процессоров с воз-

возможностью их масштабирования. Именно таким образом стимулируется количественное и качественное развитие Data-центров, формирование их сетей.

На рисунке 1.1.2. в общем виде демонстрируется взаимосвязь основных соотношений информированности информационно-аналитических систем (ИАС) государственных и корпоративных органов управления в условиях цифровой экономики (общества): доступных для анализа объемов первичных данных для традиционной концептуальной схемы «запомнил – обработал» и для потоковой обработки по типу «обработал – запомнил» [61].

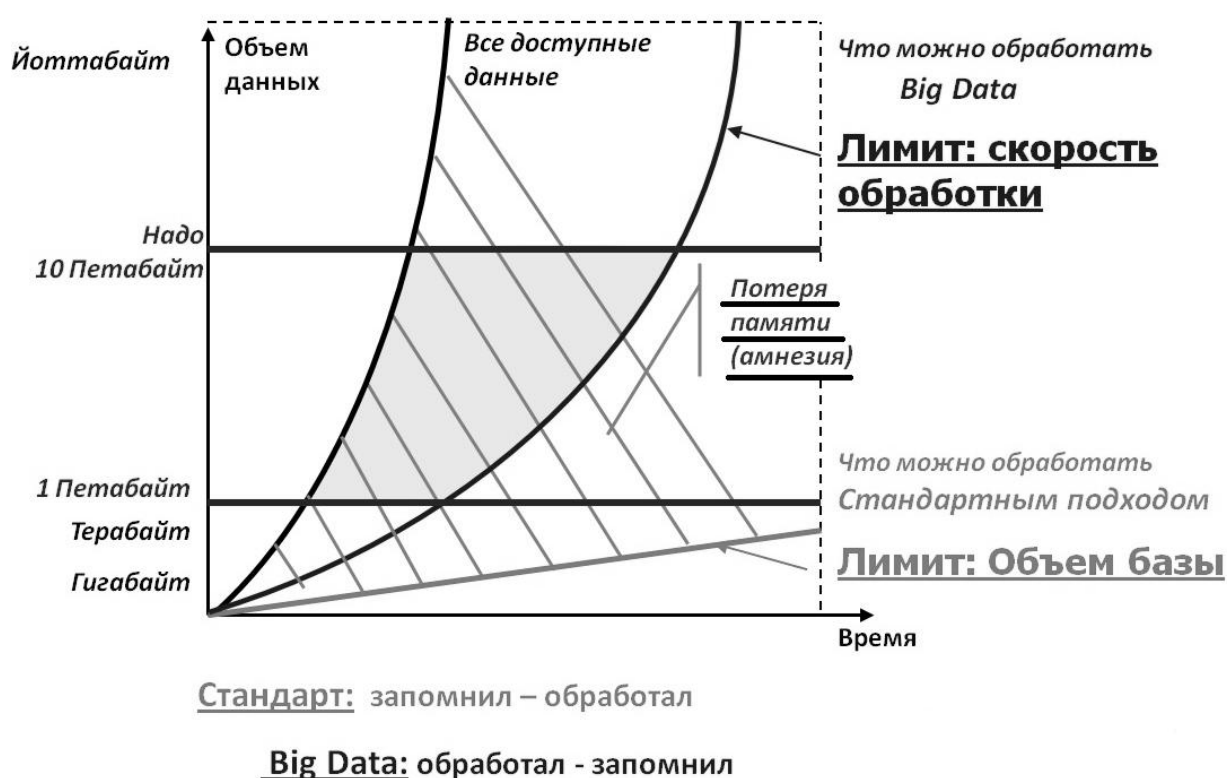


Рисунок 1.1.2 – Существо проблематики недостаточности учета данных в государственных и корпоративных органах управления (проблематика Big Data)

Возможности высокоэффективного и качественного хостинга на основе Data-центров создают базу для реализации методов Big Data с целью преодоления показанной недостаточности учета данных в государственных и корпоративных органах управления. Такие центры открывают возможности не только по накоплению цифровой информации, но и качественной её переработке в системы, основанные на знаниях. Одним из классов таких систем являются экспертные



системы. Применение технологий Big Data приводит к появлению нового их вида - обучаемых экспертных систем, отличающихся от традиционных схемой принятия решений наличием возможности обучения её в ходе эксплуатации, с соответствующим изменением требований к ролям и квалификации персонала. Главная цель обучения такой экспертной системы есть максимальное сближение информационной модели предметной области, формируемой на основе данных от источников первичной информации об объекте анализа\ управления, и представления лица принимающего решение в указанной предметной области, формируемого на основе ознакомления с данными от экспертной системы. Именно достижение максимальной близости информационной модели предметной области и представления о ней у лица принимающего решения в органе государственного или корпоративного управления о мере воздействия на объект управления (т.е. решение) приведут к желаемому результату. Из чего вытекает, что повлиять на качество такого решения можно двумя путями: расширяя номенклатуру и объем накапливаемых данных по предметной области всех видов, и видоизменяя модели выработки решения по имеющейся информации. Это положение приводит к глубокому видоизменению порядка принятия решений в государственных и корпоративных органах управления, отличающейся наличием большого числа обратных связей на всех этапах работы описанной экспертной системы, в высокой степени меняющей ролевые функции персонала информационно-аналитических систем, использующих услуги хостинга от современных Data-центров. Обобщенный вид такой схемы принятия решений в органах государственного и корпоративного управления из [61] показан на Рисунке 1.1.3.

Перспективы развития Data-центров и соответственно сетей центров обработки и хранения данных для информационного обслуживания органов государственного и корпоративного управления, на сегодняшний день, представляются неразрывно связанными с развитием технологий и методологической базы Big Data. На сегодняшний день это доминирующая концептуальная схема развития всей инфраструктуры цифровой экономики как в России, так и в мире.



Рисунок 1.1.3 – Схема принятия решений при реализации технологий Big Data

На основании изучения и анализа руководящих документов, а также доминирующей концептуальной схемы развития сферы IT-услуг (в т.ч. их качества) в нашей стране и в мире [53,56, 61, 64], можно сформулировать следующие выводы:

- Data-центры в организационном, техническом и функциональном планах представляют собой сложные и структурно-декомпозируемые объекты современной глобальной IT-инфраструктуры общества, ориентированные на широкое и качественное предоставление услуг хостинга, удаленного хранения данных, а также предоставления вычислительных ресурсов для органов государственного и корпоративного управления, различных юридических лиц-хозяйствующих субъектов (компаний, организаций и пр.), массового потребителя этих услуг;

- организационная и техническая структуры Data-центров описываются специфическим понятийным аппаратом, который в структурированном виде показан на Рисунке 1.1.4;

- определяющей тенденцией в эволюции программно-аппаратных комплексов предоставления услуг хостинга, самих Data-центров и сетей интегрального обслуживания, создаваемых на их базе, является доминирующая концептуальная схема развития всей инфраструктуры цифровой экономики как в России, так и в мире - Big Data;



Рисунок 1.1.4 – Схема соотношения основных организационных и технических понятий предметной области Data-центров и их структурная этимология

- информационно-потребительские возможности Data-центров и перспективность их широкого использования для нужд органов государственного и корпоративного управления, рядовых потребителей услуг хостинга определяется качеством соответствующего программно-аппаратного комплекса (качеством проекта архитектуры аппаратной платформы, качеством разработки и настройки программного обеспечения(комплекса) и пр.);

- стремительность изменения требований к ИТ-инфраструктуре массового хранения и обработке цифровых данных, неуклонное совершенствование информационно-телекоммуникационных технологий, реализация политики «Индустрия 4.0» и пр. объективно обозначают потребность современного общества в наращивании системы Data-центров в нашей стране, что, в свою очередь, задает необходимость системного совершенствования соответствующих программно-аппаратных комплексов, дальнейшего развития методов, методик и средств улучшения их качества. Современные методики и средства управления качеством ПАК Data-центров не в полной мере удовлетворяет эту необходимость: пример представлен в Приложении А.

## **1.2. Качество программно-аппаратных комплексов центров обработки и хранения данных**

### **1.2.1. Анализ развития и обеспечения качества ПАК для Data-центров**

В традиционном широком обиходе под Data-центром (аналогично - центр (хранения и) обработки данных) понимается специально построенное или перепрофилированное сооружение для установки компьютерной и телекоммуникационной аппаратуры, посредством которой реализуются услуги хостинга и предоставления непосредственного доступа клиентов в Internet. Data-центр реализует функционал удаленной обработки, хранения, а так же распространения данных в интересах органов государственного и корпоративного управления, субъектов бизнеса, частных клиентов, путем предоставления информационных услуг. Основным конструктивом идеи, вызвавшей к жизни в 2000-х годах Data-центры к жизни, было сокращение затрат на владение и эксплуатацию IT-инфраструктуры за счет консолидации вычислительных ресурсов и ресурсов памяти для хранения информации. Это значительно повышало эффективность использования серверной и сетевой дорогостоящей компьютерной техники, позволяло снизить затраты на администрирование, а так же обеспечить дополнительные возможности по перераспределению нагрузок при обработке данных.

Data-центры традиционно устанавливаются в минимальной дистанции от соответствующего телекоммуникационного узла оператора услуг связи. При этом пропускная способность каналов связи не оказывают влияния на уровень предоставляемых услуг, так как главным критерием оценки качества работы любого Data-центра является так называемый «uptime» - среднее время обеспечиваемой доступности сервера.

Разработка, проектирование и создание Data-центров в наши дни является высокодоходной сферой деятельности, с определенным уровнем нормативно-технического регулирования. В частности, разработаны стандарты, задающие

требования для проектирования Data-центров как специализированных технических зданий. Однако, остался ещё ряд нерешенных задач в методах организации работы, строительстве Data-центров, не наносящих вреда окружающей среде, а также обеспечения качества самих ПАК для Data-центров и т. д. Именно ПАК для Data-центров требуют больших затрат как на этапе создания, так и на этапе эксплуатации, для обеспечения информационно-коммуникационных услуг на заданном уровне. Этим фактом объясняется высокий интерес к научной тематике квалиметрии и управления качеством ПАК для Data-центров.

Программно-техническую структуру ПАК для Data-центров в обобщенном виде можно условно схематизировать, как следующую структуру вложенности, показанную на Рисунке 1.2.1.



Рисунок 1.2.1 – Обобщенное представление программно-технической структуры ПАК для Data-центров в виде схемы вложенности

По своему функциональному содержанию ПАК для Data-центров представляет собой сложноструктурированную систему средств программного обеспечения (ПО), соответствующих аппаратных средств и инженерно-технического обеспечения, позволяющих эффективно реализовывать предоставление хостинг-услуг, а так же вычислительных ресурсов для нужд пользователей.

Техническая структура типичного ПАК для Data-центров функционально состоит из:

1. Программно-вычислительной составляющей, включающей в себя серверное оборудование и реализующей главные задачи Data-центров — обработку и хранение данных пользователей;
2. Сетевой (коммуникационной) составляющей, реализующей функцию взаимосвязи всех составляющих Data-центров, а также передачу информации между Data-центром и потребителями его IT-услуг;
3. Обеспечивающее - инженерной составляющей, реализующей вторичные функции поддержания работоспособности: функцию бесперебойного энергетического снабжения в т.ч. для работы Data-центра при отключении внешнего энергоснабжения; функции охлаждения серверного и сетевого оборудования; функции безопасности и пожарозащиты и пр.

В силу тривиальности вопросов инженерного обеспечения функционирования ПАК для Data-центров указанная третья составляющая не рассматривается.

К основным типичным услугам, поддерживаемым современными ПАК Data-центров, на основании анализа [2,35,60] следует отнести:

1. Виртуальный хостинг: электронно-цифровая услуга (сервис) по предоставлению вычислительных ресурсов для размещения данных (информации) на сервере, постоянно находящемся в сети (как правило, в сети Internet);
2. Виртуальный сервер: выделенное предоставление вычислительных ресурсов программного сервера, а так же ряда специализированных программных сервисов;
3. Выделенный сервер: прямое предоставление в аренду ресурсов аппаратного сервера для нужд клиента;
4. Размещение сервера клиента в составе ПАК Data-центра;
5. Аренда аппаратных стоек для аппаратуры клиента с дальнейшим выходом в Internet;

6. Аренда выделенной зоны или всего ПАК Data-центра.

Продвинутые современные ПАК для Data-центров реализуют хостинг-услуги по предупреждению сетевых атак разных видов, предоставлению специализированных программных сервисов, доступу к динамически подключаемым библиотекам прикладных программ, и пр. В целом услуги реализуемые различными ПАК для Data-центров сильно различаются по своему содержательному и функциональному наполнению, количеству и качеству, а соответственно и по стоимости.

ПАК Data-центров сегодня являются материальной основой реализации на практике технологий «электронного правительства». Внедрение этих технологий в рамках программы «Электронная Россия» в 2002-2010г.г. совпало с бурным и широким строительством Data-центров в нашей стране. Сегодня эффективное информационное обеспечение нужд органов государственного и корпоративного управления в плоскости реализации процессов обмена данными в экономике и обществе, между органами гос. власти и гражданами, оперативного взаимодействия государственного управления и муниципального самоуправления и пр., немислимо без использование инфраструктуры сетей ПАК Data-центров. Современные поколения российских граждан уже привыкли получить основную массу государственных услуг, а также основной объем юридически-значимой информации в электронном виде. Именно ПАК Data-центров технически обеспечивают эффективные методы представления данных о работе органов государственной и муниципальной власти, оказание госуслуг гражданам, чиновникам, представителям бизнеса и пр., при которых личное взаимодействие между соответствующим органом и заявителем не требуется, а применяются способы взаимодействия, которые дают инфокоммуникационные технологии и Internet. На Рисунке 1.2.2. схематично показаны роль и место ПАК Data-центров в информационном обеспечении органов государственного и корпоративного управления. Данная схема показывает идеологию интеграции информации в рамках сети ПАК Data-центров различного уровня значимости при обслуживании органов государственного и корпоративного управления.

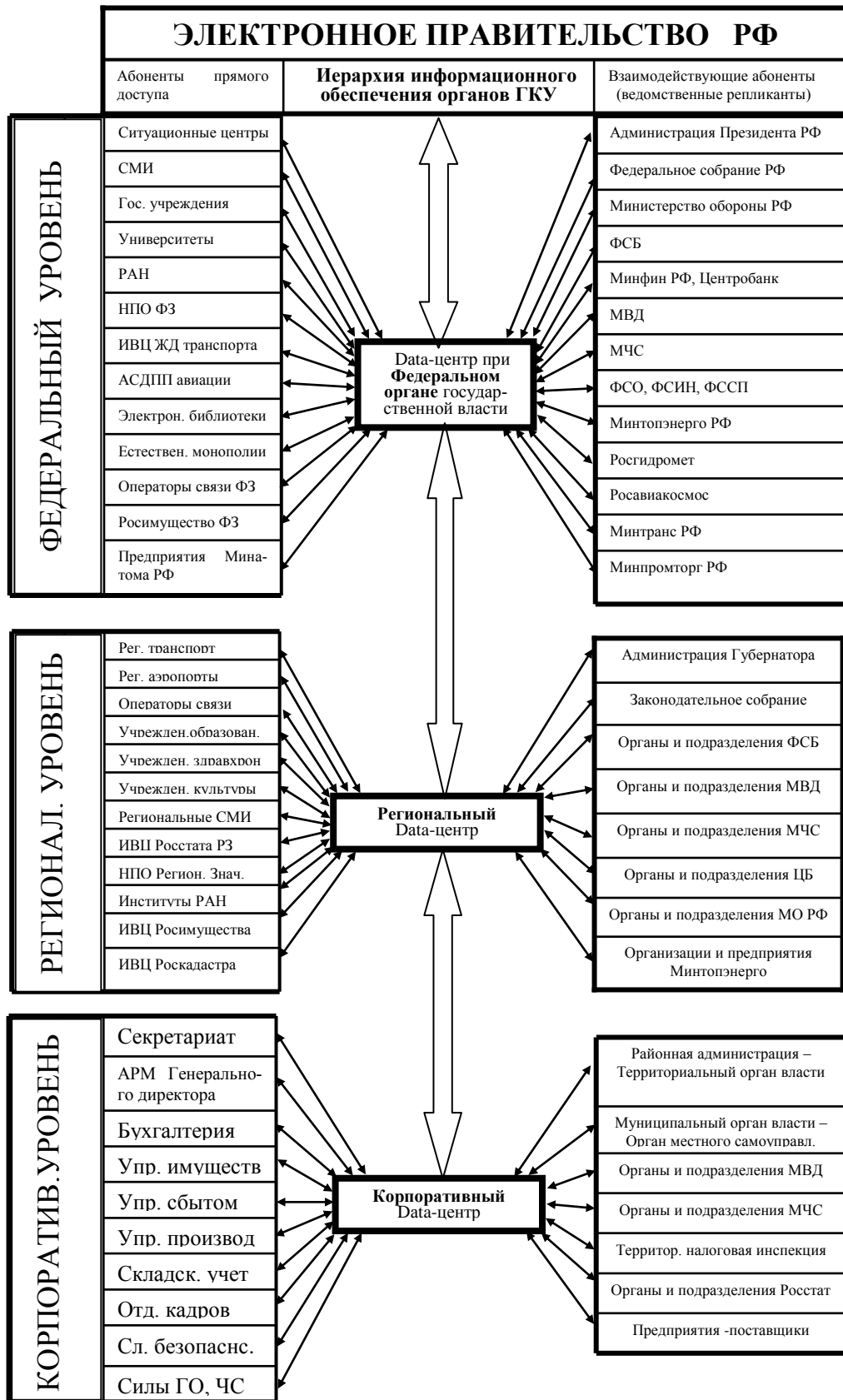


Рисунок 1.2.2 – Роль и место ПАК Data-центров в информационном обеспечении органов государственного и корпоративного управления



В своей прикладной программно-функциональной реализации ПАК для Data-центров, как указывалось выше, сильно различаются. Определить какое-либо принципиальное единство в обработке, управлении хранением и предоставлении различных продвинутых услуг пользователей для современной гаммы ПАК Data-центров не представляется возможным. Однако, очевидно, что существующие ПАК для Data-центров имеют, как правило, развитую программно-функциональную структуру, а так же эффективную подсистему хранения данных пользователей. Так, на Рисунке 1.2.3. приведен пример функциональной архитектуры ПАК Data-центра, отличительной чертой услуг которого является обеспечение высшей формы сохранения конфиденциальности данных пользователей.



Рисунок 1.2.3 – Пример программной архитектуры ПАК Data-центра

Обеспечение качества ПАК для Data-центров реализуется через соответствующие документы нормативно-технического регулирования. На сегодняшний день в мировом масштабе при определении требований к ПАК для Data-центров принято де-факто придерживаться американского стандарта TIA-942. Этот стандарт определяет задает самые общие требования к ПАК для Data-центров и вводит первичную их классификацию по типам, структуре и надежности. По существу, стандарт TIA-942 во всем международном сообществе рассматривается как единый для ПАК Data-центров, хотя он давно не пересматри-

вался. Так же он мало применим в сфере отечественной системы технического регулирования. В Российской Федерации аналогичного национального документа на сегодняшний день не существует. В нашей стране требования к ПАК для Data-центров предъявляются на основании регламентирующих документов Минкомсвязи РФ и государственных стандартов серии АСУ (34 серия). Так же необходимо констатировать, что в современных условиях активно совершенствуется международный стандарт BICSI 002 2010: «Data Center Design and Implementation Best Practices», разработанный в 2010г. и улучшенный в 2011г. Этот стандарт BICSI 002 2010 дополняет известные стандарты систем ТИА, CENELEC и ISO/IEC для ПАК Data-центров. Каждый из указанных стандартов имеет свою специфическую классификацию ПАК Data-центров по совокупности их параметров. В частности, главными показателями качества функционирования ПАК Data-центра при предоставлении услуг хостинга являются:

- отказоустойчивость (надежность);
- стоимость эксплуатации;
- сводные параметры энергопотребления;
- характеристики управляемости температурного режима.

Из наименований главных показателей качества функционирования ПАК Data-центра виден их сводный (т.е. интегральный) характер. Иными словами, на практике эти показатели декомпозируются множеством более простых и измеряемых (оцениваемых) показателей. Разные стандарты такую декомпозицию реализуют по-разному. В частности, стандарт ТИА-942 при рассмотрении требований отказоустойчивости ПАК Data-центра вводит четыре класса для оценки их надежности [48]:

I. Класс 1 (N) — отказы аппаратуры или проведение ремонтных работ приводят к остановке работы всего ПАК Data-центра; резервные источники бесперебойного питания в ПАК отсутствуют; сетевая и серверная инфраструктура не зарезервированы;

II. Класс 2 (N+1) — имеется небольшой уровень резервирования; в ПАК Data-центра имеются резервные источники электропитания, однако проведение ремонтных работ также вызывает остановку работы ПАК Data-центра;

III. Класс 3 (2N) — имеется возможность проведения ремонтных работ (включая замену компонентов системы, добавление и удаление вышедшего из строя оборудования) без остановки работы ПАК Data-центра; серверное и сетевое оборудование однократно зарезервированы, имеется несколько каналов распределения электропитания и охлаждения, однако постоянно активен только один из них;

IV. Класс 4 (2(N+1)) — имеется возможность проведения любых работ без остановки работы ПАК Data-центра; серверные и сетевые подсистемы двукратно зарезервированы, то есть продублированы как основная, так и дополнительная подсистемы.

В годы текущего экономического кризиса в нашей стране и за рубежом стали получать развитие т.н. Трэш - Data-центры, которые характеризуются ПАК с невысокой надежностью, минимальным диапазоном хостинг-услуг и размещением в мало пригодных помещениях. Эти факты позволяют значительно снизить стоимость услуг реализуемых ПАК таких Data-центров. Однако, качество этих услуг невысоко. Факт широкого распространения таких Data-центров также наглядно показывает злободневность создания нормативно-технической базы и научно-методического инструментария для оценки, и улучшения качества соответствующих программно-аппаратных комплексов.

Таким образом, качество ПАК для Data-центров является на современном этапе определяющим фактором развития информатизации общества и экономики в РФ. Нормативная база технического регулирования их создания и эксплуатации в нашей стране характеризуется своей недостаточностью. Признанные международные стандарты де-факто не в полной мере позволяют учесть специфику отечественного рынка хостинг и IT услуг, что оказывает отрицательное влияние на информационное обеспечение функционирования органов государственного и корпоративного управления.

### 1.2.2. Особенности проектирования и комплексирования ПАК Data-центров

ПАК Data-центров являются сложными техническими объектами. Традиционно их создание реализуется через два основных, но условных этапа: проектирования архитектуры, функционально-программной структуры и комплексирование (формирование) ПАК как такового согласно разработанного проекта. Наиболее сложным и не стандартизированным при указанном комплексировании является вопрос интеграции различных многокомпонентных систем программного обеспечения. В общем случае, понятие «интеграция программных систем» понимается как взаимодействие в процессе функционирования, сопровождающееся совмещением информационной базы, пользовательского интерфейса и пр. Такое понимание интеграции в полной мере относится к интеграции различных программных подсистем (операционная система, СУБД, библиотеки прикладных программ и пр.) в состав ПАК Data-центров. При этом современные авторы выделяют несколько степеней или уровней интеграции программных подсистем. Так, в [46] приведено исследование вопросов уровней и методов интеграции различных программных систем. На основании данного исследования стало возможным предложить следующую классификацию уровней и методов интеграции программных систем в состав ПАК Data-центров, приведенную на Рисунке 1.2.4. Анализ основной массы современных типовых решений по созданию ПАК Data-центров показал, что указанная интеграция реализуется либо на поверхностном уровне, либо на уровне программного комплексирования и одно-двунаправленным методом. Так, на Рисунке 1.2.5 приведен пример организации интеграции библиотек прикладных программных DLL-функций и соответствующей сервис-ориентированной среды предоставления хостинг-услуг. Это доказывает эмпирический характер существующих программно-технических решений по интеграции различных программных систем, комплексов в составе ПАК Data-центров. В целом, перспектива развития методов и средств проектирования, и комплексирования

ПАК Data-центров стремится к обеспечению глубокой и динамической интеграции.

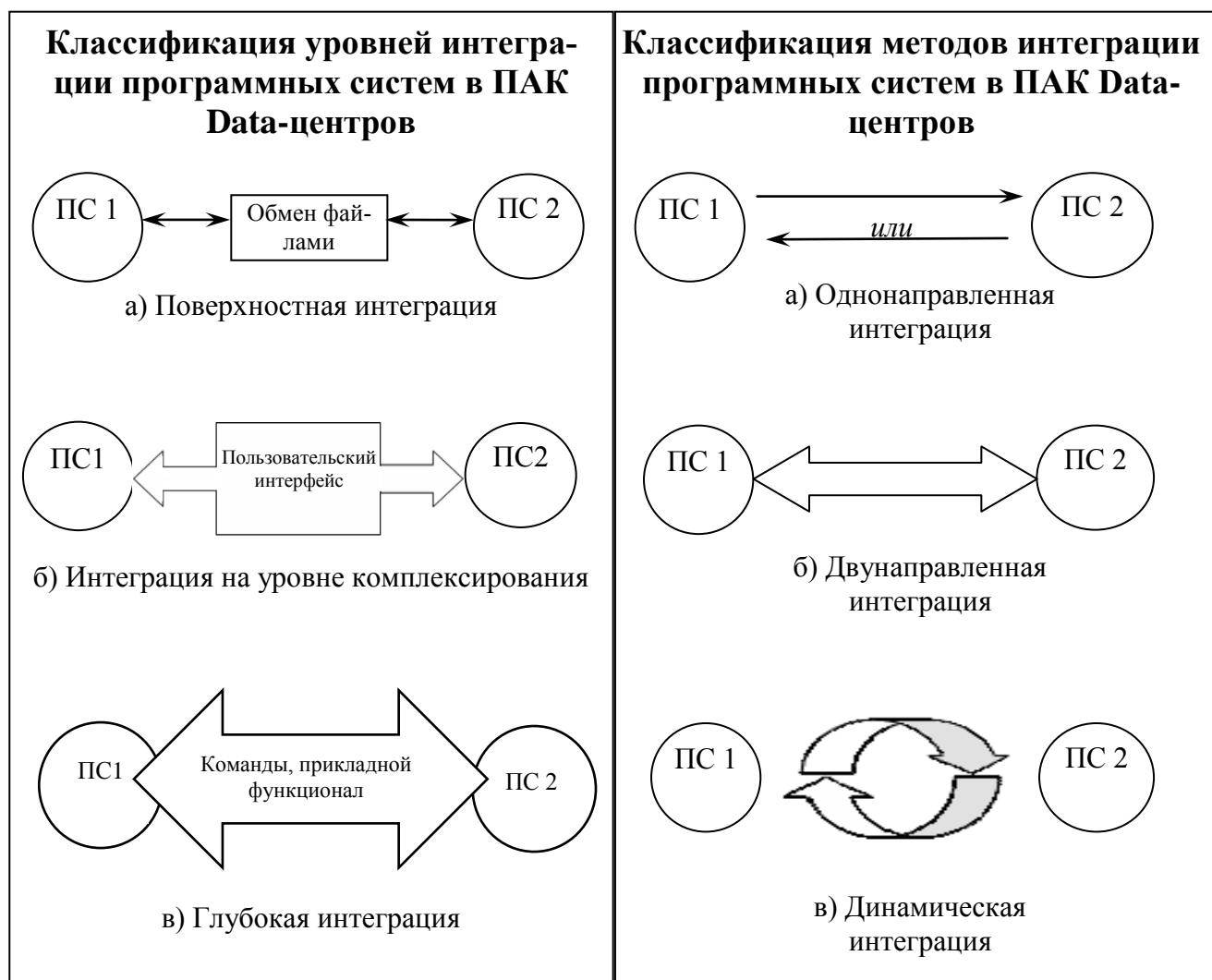


Рисунок 1.2.4 – Классификация уровней и методов интеграции программных систем в ПАК Data-центров

Очевидно, что поверхностная и статическая интеграция объективно ограничивает полноту возможностей применения современных информационных технологий в ходе использования хостинг-услуг от ПАК Data-центров, как органами государственного и корпоративного управления, так и частными потребителями. Глубокая и динамическая интеграция предполагает совместное взаимодействие всех программных компонент в составе соответствующих программных подсистем ПАК Data-центров, использование единой информационной базы (т.е. внутреннее согласование используемых форматов данных в ин-

тегрируемых компонентах программного обеспечения, базах данных, СУБД и пр.), обеспечение единого пользовательского и программного интерфейса, единые правила информационного обмена между всеми компонентами интегрированной программно-аппаратной системы.

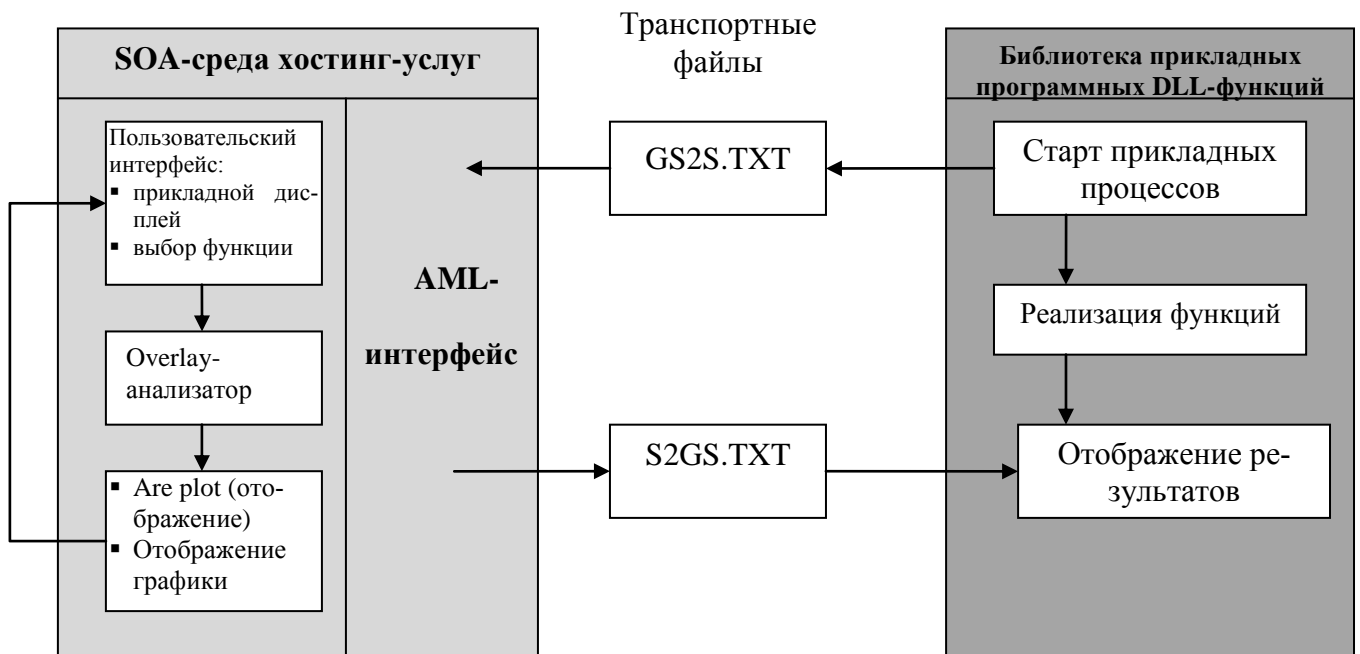


Рисунок 1.2.5 – Пример организации поверхностной интеграции

При этом важно отметить, что при синтезе обобщенной структуры ПАК Data-центров все программное обеспечение в таких комплексах, условно (де-факто) разделяется на:

- общее (общесистемное) программное обеспечение (ОПО);
- системное прикладное программное обеспечение (СППО);
- специальное прикладное программное обеспечение (СПППО).

В своей совокупности СППО и СПППО образуют прикладное программное обеспечение (ППО). В данном случае необходимость дополнительной декомпозиции понятия «прикладное программное обеспечение» вызвана тем, что сегодня ППО для ПАК Data-центров включает в себя не только программы, реализующие прикладную функциональность как таковую (библиотеки пользовательских функций, прикладных расчетных компонент и пр.), но и средства обеспечивающие их эффективное функционирование в кросс-платформенных операционных средах (программные сервера, интерпретаторы, машины логиче-

ского вывода и пр.). Именно для обозначения второй и очень важной составляющей введена указанная декомпозиция. Ниже по тексту, при отсутствии необходимости выделять составляющие прикладного программного обеспечения в современном его понимании применяет обобщенный термин – ППО.

Ключевую роль в обеспечении комплексирования ПАК Data-центров и интеграции соответствующего ПО играет единая структура описания предметных данных. Именно поэтому в работе принята в качестве базовой для ПАК Data-центров наиболее развитая и современная технология стыковки сложных программных систем – технология на основе онтологий предметных областей. Применение технологий на основе онтологий в обеспечении интеграции сложных программных систем особенно актуально в условиях обработки гетерогенных потоков информации, свойственных для ПАК Data-центров. Именно формирование единой структуры данных в виде онтологии ПАК Data-центров (а так же ее контекста) обеспечивает возможность для формирования единой информационной базы совокупной программной системы, а в конечном итоге, для глубокой и динамической интеграции ПО при комплексировании ПАК Data-центров.

Проектирование и комплексирование ПАК для Data-центров характеризуется невысокой технологичностью (особенно, в части программного обеспечения), сложностью и творческим, во многом, характером реализации указанных работ. Обеспечение качества ПАК Data-центров в указанных условиях возможно только за счет развитой базы нормативно-технического регулирования вопросов проектирования, комплексирования и эксплуатации таких комплексов; обеспечения высоко качества всех комплектующих и неукоснительного соблюдения всех технологических предписаний. Очевидно, что определяющим фактором обеспечения качества указанных ПАК является фактор развитой базы нормативно-технического регулирования. Именно это определяет необходимость анализа, в рамках данного диссертационного исследования, современного научно-методического инструментария оценки и улучшения качества ПАК для Data-центров.

### 1.2.3. Особенности формирования и эксплуатации ПАК Data-центров

ПАК Data-центров создаются как целостные изделия, предназначенные для эксплуатации в закрытых отапливаемых помещениях с нормальными климатическими условиями при централизованном обслуживании и работе с перерывами на техническое обслуживание в соответствии с установленным порядком такого технического обслуживания. Нормальными климатическими условиями для эксплуатации ПАК Data-центров, согласно [22], являются:

- температура окружающего воздуха ( $20 \pm 5$ ) °С;
- относительная влажность окружающего воздуха ( $65 \pm 15$ ) %;
- атмосферное давление от 84 до 107 кПа (от 630 до 800 мм рт. ст.).

Обобщенная структура технических средств ПАК Data-центра представлена на Рисунке 1.2.6. В её составе можно выделить:

- блок серверных устройств, включающий в себя резервные устройства;
- терминальные рабочие станции;
- средства защиты информации от несанкционированного доступа;
- средства документирования;
- аппаратура сопряжения с телекоммуникационными и другими системами;
- средства связи с аналогичными цифровыми системами сети;
- сетевое оборудование.

Электропитание аппаратуры ПАК Data-центров, как правило, обеспечивается от промышленной сети однофазного переменного тока с частотой 50 Гц и напряжением 220 В с отклонением от плюс 10 до минус 15 % . Аппаратура ПАК Data-центров защищается от аварий при выходе из строя сетей электропитания использованием устройств бесперебойного питания, а при коротких замыканиях в электрических цепях оборудования ПАК – наличием плавких предохранителей в блоках питания используемых технических средств. Защита ПАК Data-центров при ошибочных действиях обслуживающего персонала обеспечивается программным способом. Использование в составе аппаратуры ПАК Data-центров унифицированных покупных технических средств обеспе-



чивает полную взаимозаменяемость однотипных технических средств. Требования по электробезопасности аппаратуры ПАК Data-центров обеспечиваются использованием готовых покупных технических средств, которые должны удовлетворять всем нормативным требованиям безопасности, о чем должны свидетельствовать соответствующие записи в их эксплуатационной документации на указанные технические средства. Технические средства ПАК Data-центров, как правило, сохраняют работоспособность и качество при хранении в соответствии с показателями сохраняемости, указанными в эксплуатационной документации применяемых комплектующих.

Защита информации в ПАК Data-центров обеспечивается рядом организационных мер и применением программно-технических средств защиты от несанкционированного доступа, включающих комплекс программ защиты информации, размещаемый в каждой функционально-самостоятельной части комплекса технических средств ПАК.

Эксплуатация ПАК Data-центров должна осуществляться в соответствии с эксплуатационной документацией, разрабатываемой на стадии рабочего проектирования и включающей как конструкторские, так и программные эксплуатационные документы.

Размещение технических средств ПАК Data-центров в помещениях, предназначенных для его эксплуатации, должно соответствовать следующим требованиям:

- 1) удобный доступ к терминалам серверов и АРМам операторов;
- 2) безопасное расстояние при совместном размещении серверных стоек;
- 3) удобство доступа пользователя к выключателям и органам управления аппаратурой и периферийных устройств;
- 4) удобство доступа ремонтного персонала к техническим средствам для проведения ремонта и технического обслуживания;
- 5) удобство доступа обслуживающего персонала к сетевым аппаратным средствам при контроле, диагностике и устранении неисправностей;
- 6) соблюдение санитарных норм СН-245.

Размещение ПАК в помещениях Data-центра тесно увязывается с вопросами прокладки основной и резервной структурированных кабельных сетей (СКС) по помещениям здания, локальной вычислительной сети в составе самого ПАКа и пр. Традиционная структура размещения аппаратных (технических) средств ПАК Data-центра показана на Рисунке 1.2.6.

Задачей технического обслуживания ПАК Data-центров является выполнение комплекса работ, направленных на поддержание комплекса технических средств ПАК в работоспособном состоянии. В перечень комплекса работ входит:

- тестирование аппаратуры после ее включения;
- контроль функционирования аппаратуры в заданных режимах эксплуатации ПАК Data-центра;
- восстановление работоспособности изделия путем замены вышедших из строя блоков на исправные;
- обслуживание программного обеспечения изделия (контроль состояния носителей информации, поддержка программных средств и баз данных);
- выполнение профилактических регламентных работ (технические осмотры, чистка защитных покрытий и токоведущих контактов, пополнение расходных материалов и т.д.).

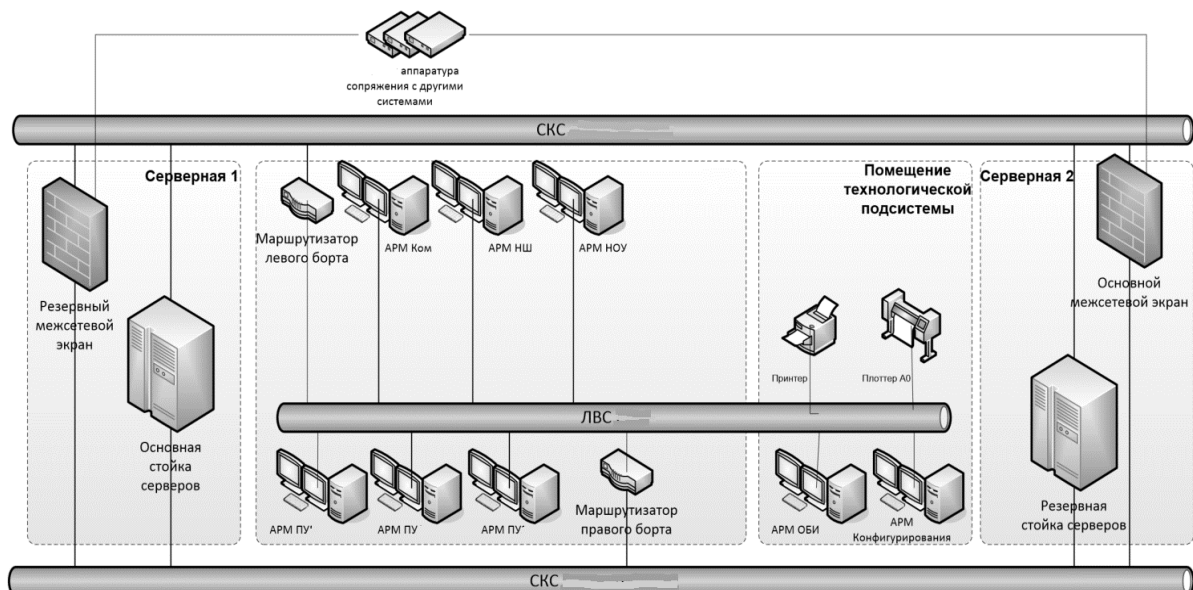


Рисунок 1.2.6 – Вариант структуры размещения аппаратных (технических) средств ПАК в помещениях Data-центра

Профилактические регламентные работы организуются по принципу календарного обслуживания. Календарное техническое обслуживание - это профилактическое обслуживание, назначаемое в строго отведенные календарные сроки вне зависимости от состояния ПАК Data-центра. Проектирование системы календарного обслуживания, т.е. сроков профилактики ПАК и ее содержание, производится с учетом анализа перечней профилактических работ, установленных для средств вычислительной техники. Для ПАК Data-центров традиционно приняты следующие виды календарного технического обслуживания:

- ежедневное профилактическое техническое обслуживание, проводимое ежедневно;

- еженедельное профилактическое техническое обслуживание, проводимое раз в неделю и включающее ежедневное профилактическое техническое обслуживание;

- годовое профилактическое техническое обслуживание, проводимое раз в год и включающее еженедельное профилактическое техническое обслуживание.

содержание регламентных работ по техническому обслуживанию комплекса технических и программных средств ПАК Data-центров определяется эксплуатационной документацией на комплектующие.

Важным моментом в системе технического обслуживания ПАК Data-центров является техническое обслуживание запасных (аварийных) комплектующих. Это связано с тем, что в их состав входят источники бесперебойного питания и системные блоки вычислительных машин. Одним из элементов этих устройств являются аккумуляторы. Условием нормального функционирования и хранения данных элементов является необходимость их периодической зарядки. Поэтому устройства, входящие в состав запасных (аварийных) комплектующих, требуют периодического включения и работы в течение определенного времени. Периодичность включения устройств определяется документацией на эти устройства.

Для проведения работ по техническому обслуживанию ПАК Data-

центров используются материалы общего назначения, номенклатура и количество которых уточняется на стадии проектирования и представляется в эксплуатационной документации ПАК. Как правило, для эксплуатации и технического обслуживания ПАК Data-центров используются следующие расходные материалы и принадлежности (в комплектность изделия не входят):

- компакт-диски различных видов;
- бумага для принтера и плоттера;
- картриджи для принтера;
- мягкая бязь (бумажные салфетки) для протирки поверхности устройств изделия;
- другие материалы, предусмотренные технической документацией применяемых в ПАК Data-центра технических средств.

Нормативными документами при проведении технического обслуживания ПАК Data-центров являются: эксплуатационная документация на ПАК, разрабатываемая на стадии проектирования, а также техническая документация, поставляемая с техническими средствами, входящими в состав ПАК.

ПАК Data-центров могут подвергаться и промежуточным ремонтам. Для ПАК Data-центров предполагается следующая стратегия ремонта:

а) в ПАК применяются восстанавливаемые комплекты для аппаратных средств входящих в состав изделия. Количество аппаратуры в составе запасных (аварийных) комплектующих должно обеспечивать возможность ремонта изделия в течение гарантийного срока службы;

б) восстановление функционирования ПАК Data-центра после отказа производится путем замены отказавшего технического средства на работоспособное из состава запасных (аварийных) комплектующих. Восстановление функционирования изделия с использованием запасных (аварийных) комплектующих выполняет подразделение технического обслуживания ПАК;

в) в период гарантийного обслуживания ответственность за работоспособность ПАК Data-центра несет проектант ПАК и предприятия-поставщики технических средств. В этом случае потребитель не имеет права снимать

пломбы с неисправных технических средств и должен вызвать представителя изготовителя для составления акта по предъявляемым претензиям.

Средний ремонт комплекса технических средств ПАК Data-центра в себя включает: замену планово изнашиваемых частей элементов комплекса технических средств, устранение возникших частичных отказов не влекущих неисправность элементов ПАК Data-центра в целом, регулировку, настройку и комплексную стыковку комплекса технических средств. Порядок предъявления претензий к изготовителю по работоспособности ПАК Data-центра, а также порядок процедур по ремонту или замене отказавших технических средств в период гарантийного обслуживания представляются в эксплуатационной документации. Порядок процедур по ремонту или замене отказавших технических средств ПАК Data-центра в период постгарантийного обслуживания, базовой эксплуатации, порядок проведения средних ремонтов ПАК определяются действующей нормативно-технической документацией по ремонту изделий вычислительной техники.

Необходимо отметить, что сформулированные выше особенности формирования и эксплуатации ПАК Data-центров носят во многом частично-обобщающий характер. Это связано с тем, что отрасль развития цифровой инфраструктуры развивается бурными темпами и, на сегодняшний день, многие эталонные подходы в разработке, создании и продвижении Data-центров находятся в стадии становления. Вместе с тем, накопленный опыт в сфере проектирования, комплексирования и формирования Data-центров в нашей стране позволяет получить представленное обобщение, как некоторое описание положительной практики данного направления.

### **1.3. Современный научно-методический инструментарий улучшения качества ПАК центров обработки и хранения данных**

В рамках текущего исследования качество ПАК для Data-центров, согласно [9,13,14], есть интегральный показатель степени удовлетворения оговоренных потребностей участников процесса предоставления и реализации хостинг- и IT-услуг для нужд потребителей: органов государственного и муниципального управления, корпоративных органов и бизнес-потребителей, рядовых граждан-физических лиц. Конкретные ПАК создаются на основе инженерного проекта по условиям создаваемого Data-центра и соответствующей комплексной стыковке, отладке готовых компонент аппаратного обеспечения, общесистемного и прикладного программного обеспечения, с настройкой или доработкой отсутствующих изначально компонент. По действующим нормативно-техническим документам [16,17] технологический процесс проектирования, формирования, комплексной стыковки и отладки ПАК для Data-центров, и соответственно, доработки отсутствующих компонент программного или информационного обеспечения организовывается в соответствии с каскадной моделью разработки ПО. Анализ же нескольких вариантов организации технологического процесса проектирования, формирования, комплексной стыковки и отладки ПАК для Data-центров на ряде предприятий софтверной индустрии [45,63,64,67] убедительно показал, что указанный процесс в основном построен не на каскадной модели, учитываемой в указанных нормативно-технических документах, а на т.н. спиральной модели, представленной, например в [46,47]. Этот вывод важен тем, что при спиральной модели разработки, проектирования, формирования, комплексной стыковки и отладки ПАК для Data-центров акт оценивания и улучшения качества формируемого и дорабатываемого конкретного образца этого программно-аппаратного комплекса играет первоочередную роль: именно количество фактов квалиметрической оценки задают итеративность спирали хода проектирования и создания. Очевидно, что выяснение аномалий качества на ранних этапах проектирования и разработки ПАК для

Data-центров, ведет к значимому снижению трудоемкости и цены указанного проекта (так как исправление проектных ошибок на поздних шагах создания требует большей переделки уже реализованных работ). Необходимо констатировать, что этапу проектирования, как начальному этапу, свойственна недостаточность исходной информации для эффективной оценки качества ПАК для Data-центра. Именно этим вызван к жизни итеративный характер проектирования ПАК для Data-центра: по мере конкретизации осуществляется уточнение предлагаемых проектных решений. Снижение числа проектных итераций зависит от соответствия научно-методического инструментария оценки и улучшения качества к классу сложности аппаратного и программного обеспечения ПАК для Data-центра. Сложность ПАК для Data-центров, инкорпорирующих в себя элементы различных аппаратных и информационных технологий, в современных условиях разрушает равновесие такого соответствия с существующими научно-методическими инструментами улучшения (в т.ч. оценки) качества. Так, в существующей нормативно-технической базе, охватывающей вопросы проектирования и комплексирования ПАК для Data-центров, главенствует т.н. неадаптивный подход, использующий «жесткие» и недостаточно полные сети показателей оценки. В частности: это соответствующие ГОСТы серий «Автоматизированные системы управления», «Интегрированная логистическая поддержка» и «Единая система программных документов». Известные инструментари (методики) прямого оценивания ПАК для Data-центров являются «недружелюбными», или, иными словами, «тяжеловесными».

Большие возможности контроля и улучшения качества ПАК для Data-центра даёт инструментарий и база документов технического регулирования, опирающиеся на менеджмент всех процессов обеспечения качества проектирования и комплексирования. Этот научно-методический инструментарий логически основан на моделях оценки качества, признаваемых профессиональными IT-сообществами. Примером такой модели может служить модель менеджмента качества программных систем – СММІ, а так же профессиональный стандарт SPICE. Аналогичные к примерам модели детально показаны в [46,48,60,61]. Этот фактор свойственен как основным стандартам системы менеджмента ка-

чества, таким как [13,14,17,20,21,23,24], так и специализированным: [11,12,15,16,18,19,22,25-29]. При этом необходимо указать, что методы и научно-методический инструментарий оценки, улучшения качества аппаратной платформы и программного обеспечения будут иметь различные теоретические базисы.

Так, в таблице 1.3.1. показано соответствие нормативно-методического инструментария оценки качества комплексирования и формирования аппаратной платформы в составе ПАК для Data-центров. В свою очередь, в таблице 1.3.2. обобщены данные по соответствию научных школ квалиметрии ППО видам компонент ПО в ПАК для Data-центров и применяемых для их анализа нормативного инструментария

Таблица 1.3.1 – Соответствие нормативно-методического инструментария оценки качества комплексирования и формирования аппаратной платформы в составе ПАК для Data-центров

№ п/п	Примеры нормативно-методических документов технического (технологического) регулирования, нашедшие применение при проектировании, комплексировании ПАК Data-центров	Базовый научно-методический подход, квалиметрический метод и пр.	Достоинства	Недостатки
1.	ГОСТ Р 51 901.1 -2002 [29] ГОСТ Р 51 901.2 -2002 [25] ГОСТ Р 51 901.5 -2002 [27] И др.	Методология оценки надежности Рябина И.А., логико-вероятный метод и его обобщения Можяева А.С., Соложенцева Е.Д., схемы функциональной целостности и пр.	1.Наличие количественной меры; 2.Вариативность; 3.Простота интерпретации;	1.Ориентация только на показатели надежности; 2.Применимость к узкому классу систем.
2.	ГОСТ Р 51 901.3 -2007 [26] ГОСТ Р ИСО/МЭК 15 288 -2005 [22] ГОСТ Р 53393 -2009 [30] ГОСТ Р 53394 -2009 [31] И др.	Подход на основе экспертно-статистического оценивания свойств, метод многохромосомной оптимизации И.С.Кабака и пр.	1.Широкие возможности по оценке разнородных показателей; 2.Гетерогенность вход. данных	1.Субъективный характер оценок; 2. Сложность расчетных методик
3.	ГОСТ Р ИСО9000-2015[13] ГОСТ Р ИСО9001-2015[14] ГОСТ Р 51.904.4 -2005[28] ГОСТ Р ИСО/МЭК 31000 -2010 [23] ГОСТ Р ИСО/МЭК 31010 -2011 [24]	Подход на основе свертки частных показателей в сводные, Метод количественной оценки интегрируемых модулей Б.М.Позднева, процессный подход и пр.	1.Широкая применимость; 2. Разработанная методическая база	1.Косвенный характер оценок и влияния на качество; 2.Громоздкость практического применения



По существу в таблицах 1.3.1. и 1.3.2. показана логическая связь применяемых методических инструментариев технического (технологического) регулирования и базовых научно-методологических школ современной квалиметрии, которые обеспечивают научную основу управления качеством ПАК для Data-центров.

Таблица 1.3.2 – Соответствие базовых научно-методологических школ современной квалиметрии видам ПО для ПАК Data-центров и применяемых для анализа их качества нормативно-методических документов технического (технологического) регулирования

№ п/п	Базовые научно-методологические школы современной квалиметрии ПО	Примеры нормативно-методических документов технического (технологического) регулирования, нашедшие применение при проектировании, комплексовании ПАК Data-центров	Типы программных продуктов, к которым могут быть отнесены компоненты ПО для ПАК Data-центров
1.	Методология оценки ПО и метрика Холстеда; производные (аналогичные) средства и метрики.	ГОСТ 28806 -90 [19] ГОСТ 15971-90 [18] ГОСТ 34.201-89 [11] ГОСТ 34.601-90 [12] и др.	Пакеты прикладных программ, DLL-библиотеки, отдельные исполняемые модули.
2.	Методология оценки и управления качеством ПО и метрика Джилба	ГОСТ Р ИСО/МЭК 12207-2010 [15] ГОСТ Р 51904-2002 [16] ГОСТ 2.601-95 и др.	Отдельные функции, процедуры, методы классов (объектов), сервисы.
3.	Методология инженерно-экономического проектирования ПО Б.Боэма.	ГОСТ Р ИСО/МЭК 15910-2002 [17] ГОСТ Р ИСО/МЭК 12207-2010 [15] ГОСТ Р ИСО/МЭК 15 288-2005 [22] ГОСТ Р ИСО/МЭК 31000 - 2010 [23] ГОСТ Р ИСО/МЭК 31010 -2011 [24] ГОСТ Р ИСО/МЭК 12207-2010 [15] и др.	Утилиты, онтологии, программы из состава СУБД, компоненты промежуточного кода, кроссплатформенные программные системы и комплексы, программные среды со встроенными пакетами процедур
4.	Подход, основанный на менеджменте качества проектов по созданию (формированию) ПО	ГОСТ Р ИСО9000-2015[13] ГОСТ Р ИСО9001-2015[14] ГОСТ Р ИСО/МЭК 31000 - 2010 [23] ГОСТ Р ИСО/МЭК 31010 -2011 [24]	Программные продукты в полной компоновке, комплексы программ и баз данных, результирующие инсталляционные пакеты и пр.

В указанных таблицах даны основные общеизвестные научно-методологических школ современной квалиметрии, которые на практике инициировали огромное количество методик, описание которых не представляется возможным в рамках данного диссертационного исследования.

Таким образом, итоги исследования современного состояния научно-методического инструментария оценки и улучшения качества ПАК Data-центров позволили выявить ниже приведенные тенденции в его развитии:

1. По мере усложнения технологий проектирования и комплексирования ПАК Data-центров оценка их качества все более не зависит от результатов инструментальных измерений параметров программных и аппаратных компонент. Это вызвано тем, что количество параметров программных компонент объективно мало (количество операторов, количество операндов и пр.). Так же ограничено количество значений показателей качества, рассчитываемых по измеряемым параметрам. Доминирующее количество современных методов квалиметрической оценки ПАК для Data-центров ориентированы на использование квазисубъективных, качественных, или неточных количественных (бальных, вероятностных и пр.) т.н. измерений от экспертов. Для работы с такими нечеткими входными данными разработаны специализированные методики и соответствующий математический аппарат «мягких» вычислений.

2. Рост возможностей текущих и перспективных форм предоставления хостинг-услуг, широкое внедрение принципов цифровой экономики объективно диктует тенденцию того, что научно-методические и нормативно-технологические инструментарии управления качеством ПАК для Data-центров все в большей степени будут являться не методиками формирования конечного заключения о качестве того или иного проекта, а способами целенаправленного поиска аномалий в его развитии при проектировании и реализации.

3. Широкое применение инструментария (методик) менеджмента качества в технологический процесс проектирования и комплексирования ПАК для Data-центров не снимает необходимости применения методик непосредственной оценки проекта формируемого центра. При этом процесс квалиметрической оценки ПАК для Data-центров рассматривается не как высокоточный подпроцесс по получению итогового вывода о достигнутом уровне разработанным проектом, а как некоторое логическое средство

оперативного анализа для избежания системных просчетов и грубых ошибок. Приблизительный характер такой оценки на практике компенсируется итеративностью самого подпроцесса оценивания, а также цикличностью технологического процесса комплексирования и формирования ПАК для Data-центров.

Основная тенденция в совершенствовании научно-методического инструментария оценки и улучшения качества ПАК Data-центров заключается в определении равновесия между объективностью, точностью оценок и их достаточностью, представительностью. Предметно это показывает нарастающее понимание того факта, что квалиметрическая процедура должна удовлетворять требованиям технологии проектирования и комплексирования ПАК Data-центров по достаточному охвату параметров, влияющих на потребительские качества такого комплекса. При этом предполагается необходимость обеспечения некоторого уровня достоверности, объективности такой оценки. Соответственно, математический аппарат обработки входных данных оценивания должен быть направлен на обеспечение указанной достоверности при использовании в качестве входной информации суждений экспертов.

Указанная тенденция стала определяющей причиной для разработки предлагаемого в работе метода оценки и средств улучшения качества ПАК Data-центров, так как в ходе диссертационного исследования было выявлено, что существующие методы оценки и улучшения качества в рамках технологии проектирования и комплексирования ПАК Data-центров базируются на более ранние научно-методические положения, соотносимые с более ранними фазами развития аппаратного и программного обеспечения указанных комплексов.

## 1.4. Формулировка научной задачи исследования

Реализация в нашей стране принципов цифровой экономики, доминирование концепции Big Data в развитии IT-инфраструктуры, проанализированные в п.1.1, объективно подталкивают массовое создание сети Data-центров. В частности, широкое внедрение информационных технологий во все сферы жизни современного общества, возникшая необходимость обрабатывать в реальном масштабе времени и хранить значительные объемы цифровой информации привели к созданию сетей корпоративных и коммерческих центров хранения, и обработки данных (Data-центров) как во всем мире, таки во всех регионах России. Указанные центры доказали свою жизнеспособность, они значительно повысили эффективность всей инфраструктуры цифровой информатизации, обеспечив высокоуровневую интеграцию телекоммуникационных и софтверных услуг для широких слоев субъектов бизнеса, государственного строительства и населения страны.

Базовой функциональной платформой любого из Data-центров является соответствующий программно-аппаратный комплекс для предоставления услуг по предоставлению ресурсов для размещения информации на сервере, постоянно находящемся в сети (хостинг услуг) органам корпоративного и государственного управления, а так же коммерческим потребителям. Именно качество аппаратных, программных и информационных изделий, входящих в такой комплекс, их согласованная стыковка и взаимоувязанное включение, определяют итоговое качество хостинг-услуг предоставляемых потребителям. Постоянно нарастающие требования к объему и качеству IT-услуг, развитие мировой тенденции в области накопления и обработки цифровых данных, известное как проблематика Big Data, объективно требуют непрерывного развития количественных и качественных возможностей сетей Data-центров. Это, в свою очередь, диктует необходимость улучшения качества ПАК, как ключевого компонента указанных центров.

Однако, недостаточная разработанность научно-методического инструментария оценки и улучшения качества ПАК для Data-центров приводит к эмпирическому характеру проектирования и формирования таких программно-аппаратных комплексов, предопределяемому текущей практикой создания и совершенствования технических средств для предоставления услуг хостинга. Это приводит к низкой эффективности процессов проектирования и модернизации указанных ПАК, недостаточности текущих возможностей информационно-телекоммуникационной инфраструктуры доступного хостинга, торможению внедрения новых высокоэффективных технологий в практику обработки больших данных (Например, технологий облачных вычислений), и т.д. Таким образом, актуальность темы диссертационного исследования определяется необходимостью разрешения объективного противоречия между существующей потребностью в комплексном научно-методическом инструментарии оценки и улучшения качества программно-аппаратных комплексов центров обработки и хранения данных (Data-Центров) и недостаточным уровнем развития этого инструментария в настоящий момент.

Научный характер текущего исследования определяется общностью полученных положений, выносимых на защиту, для технологической сферы оценки и улучшения качества программно-аппаратных комплексов центров обработки и хранения данных, обобщением требований и научно-методических инструментариев управления качеством ПАК для Data-центров на основе единого метода.

Целостный научно-методический инструментарий управления качеством программно-аппаратных комплексов для создаваемых и перспективных Data-центров востребован к жизни необходимостью преодоления эмпирического характера применяемых на практике технологических решений при проведении мероприятий оценки и улучшения качества указанных комплексов. В этом есть теоретическая значимость данного исследования. Создание базовых научно-обоснованных основ оценки и улучшения качества аппаратного и про-

граммного обеспечения ПАК Data-центров позволит добиться снижения затрат на их проектирование и комплексирование, повышение качества и унификации. Разрабатываемый научно-методический инструментарий, с точки зрения практики, рассматривается как совокупность средств инженера-системотехника, применяемых в ходе проектирования, комплексирования и формирования аппаратного и программного обеспечения ПАК Data-центров. Этот факт определяет практическую значимость данного исследования. Следует выделить следующие пути применения предлагаемого в работе научно-методического инструментария:

1. Внедрение разработанного метода оценки качества, как инструментария инженера-системотехника при проектировании и формировании программно-аппаратных комплексов центров обработки и хранения данных (Data-Центров).
2. Использование базисной совокупности требований к формированию программно-аппаратных комплексов центров обработки и хранения данных и методики определения отклик-процедур улучшения качества указанных ПАК, как методических средств в работе государственных и корпоративных органов управления, ответственных за информатизацию и развитие информационно-телекоммуникационной инфраструктуры страны, преодоления проблемы больших данных (*Big Data*).
3. В НИОКР по разработке и совершенствованию распределенных информационных систем массового обслуживания.
4. В образовательном процессе учебных заведений, ориентированных на подготовку технических специалистов и руководящих работников сети Data-центров в РФ.

Проведенный анализ предметной области создания ПАК для Data-центров и возникающих в ней противоречий позволил перейти к выводу, что основополагающим элементом метода оценки качества программно-аппаратных комплексов центров обработки и хранения данных (Data-центров) должен стать алгоритм синтеза и взвешивания сети квалиметрических показателей, учитывающей специфические особенности проектирования,

комплексирования, формирования и практического применения ПАК для Data-центров. Такой алгоритм обеспечит логичность и системность построения уточненных иерархических сетей квалиметрических показателей при формировании ПАК для Data-центров. Именно это позволило в процессе работы над диссертацией уточнить и строго сформулировать научную задачу исследования. Задача разработки комплексного научно-методического инструментария квалиметрической оценки и улучшения качества программно-аппаратных комплексов центров обработки и хранения данных, обеспечивающий повышение качества предоставления услуг хостинга государственным, корпоративным и коммерческим потребителям, рассмотрена как совокупность частной научно-технической задачи синтеза метода оценки качества указанных ПАК и задач выработки методических и технологических средств улучшения этого качества по результатам оценки. В частности, таковыми средствами следует рассматривать базисную совокупность требований к формированию ПАК Data-центров и методику определения отклик-процедур улучшения их качества, а так же модель повышения результативности облачных вычислений за счет использования динамических программных библиотек и сервисов прикладного функционала.

Предлагаемые научно-методические средства в своей совокупности позволяют обеспечить качественно новый подход к квалиметрической оценке и совершенствованию ПАК для Data-центров, новое видение путей решения проблемы больших данных в нашей стране и удовлетворения все возрастающих качественно и количественно потребностей органов государственного и корпоративного управления в цифровых услугах (в т.ч. хостинг-услугах).

Таким образом, описанный выше инструментарий оценки и улучшения качества ПАК Data-центров включает следующее:

- Метод оценки качества программно-аппаратных комплексов центров обработки и хранения данных (Data-центров);
- Базисная совокупность требований к формированию программно-аппаратных комплексов центров обработки и хранения данных;

- Модель повышения результативности облачных вычислений за счет использования динамических программных библиотек и сервисов прикладного функционала;

- Методика определения отклик-процедур улучшения качества программно-аппаратных комплексов центров обработки и хранения данных.

Приведённые компоненты научно-методического инструментария управления качеством ПАК для Data-центров составляют для этой диссертационной работы научные положения (результаты), выносимые на защиту. С учетом выше сказанного в качестве стратегии диссертационного исследования избран подход, заключающийся в поэтапной и логически-обусловленной разработке всех компонент такого научно-методического инструментария, с результирующей совокупной экспериментальной оценкой его эффективности. Более детально системология предлагаемого подхода в виде совокупности методологических принципов и категорий проведенного диссертационного исследования представлена в [9]. Такой подход позволил сформулировать научно-техническую задачу, решаемую в диссертационной работе, и основную гипотезу диссертационного исследования.

Научная задача заключается в констатации необходимости преодоления нехватки обоснованных научно-методического инструментария и нормативно-технологических решений по оценке и улучшению качества ПАК для Data-центров. Указанная нехватка сдерживает качественное развитие форм цифровой экономики, снижает эффективность оперативного информационного обеспечения взаимодействия органов государственного и корпоративного управления, не позволяет качественно развиваться рынку хостинг услуг и ИТ-услуг удаленного доступа. Другими словами, научная задача заключается в потребности предложить комплексный научно-методический инструментарий квалитметрической оценки и улучшения качества программно-аппаратных комплексов центров обработки и хранения данных, обеспечивающий повышение качества предоставления услуг хостинга государственным, корпоративным и коммерческим потребителям. Соответственно, цель данного исследования - улучшение каче-



ства и обеспечение системного развития программно-аппаратных комплексов центров обработки и хранения данных (Data-Центров).

Основная гипотеза исследования заключается в том, что если предложить комплексный научно-методический инструментарий квалиметрической оценки и улучшения качества программно-аппаратных комплексов центров обработки и хранения данных, обеспечивающий повышение качества предоставления услуг хостинга государственным, корпоративным и коммерческим потребителям, то это позволит повысить обоснованность организационных и технических решений, принимаемых в ходе проектирования, комплексирования и формирования программно-аппаратных комплексов центров обработки и хранения данных (Data-Центров), а, как следствие, реализовать новые функциональные возможности по предоставлению хостинг- и IT- услуг органам государственного и корпоративного управления, добиться улучшения качества их информационного обеспечения. Решение приведенной научной задачи далее рассматривается как решение последовательности следующих частных задач исследования:

- Разработать оценки качества программно-аппаратных комплексов центров обработки и хранения данных (Data-центров);

- Обосновать базисную совокупность требований к формированию программно-аппаратных комплексов центров обработки и хранения данных;

- Разработать модель повышения результативности облачных вычислений за счет использования динамических программных библиотек и сервисов прикладного функционала;

- Разработать методику определения отклик-процедур улучшения качества программно-аппаратных комплексов центров обработки и хранения данных.

- Провести экспериментальную оценку эффективности разработанных научно-методических средств по результатам их внедрения в технологический процесс проектирования, комплексирования и формирования ПАК Data-центров.

Существо данной диссертационной работы заключается в предоставлении результатов решения указанных частных задач исследования.

## 1.5. Выводы по 1 главе

1. Data-центр (аналогично - центр (хранения и) обработки данных) есть специально построенное или перепрофилированное сооружение для установки компьютерной и телекоммуникационной аппаратуры, посредством которой реализуются услуги хостинга и предоставления непосредственного доступа клиентов в Internet. Data-центры в организационном, техническом и функциональном планах представляют собой сложные и структурно-декомпозируемые объекты современной глобальной IT-инфраструктуры общества, ориентированные на широкое и качественное предоставление услуг хостинга, удаленного хранения данных, а так же предоставления вычислительных ресурсов для органов государственного и корпоративного управления, различных юридических лиц-хозяйствующих субъектов (компаний, организаций и пр.), а так же массового потребителя этих услуг. Организационная и техническая структуры Data-центров описываются специфическим понятийным аппаратом.

2. Определяющей тенденцией в эволюции программно-аппаратных комплексов предоставления услуг хостинга, самих Data-центров и сетей интегрального обслуживания, создаваемых на их базе, является доминирующая концептуальная схема развития всей инфраструктуры цифровой экономики как в России, так и в мире - Big Data.

3. Информационно-потребительские возможности Data-центров и перспективность их широкого использования для нужд органов государственного и корпоративного управления, рядовых потребителей услуг хостинга определяется качеством соответствующего программно-аппаратного комплекса (качеством проекта архитектуры аппаратной платформы, качеством разработки и настройки программного обеспечения(комплекса) и пр.). Стремительность изменения требований к IT-инфраструктуре массового хранения и обработке цифровых данных, неуклонное совершенствование информационно-телекоммуникационных технологий, реализация политики «Индустрия 4.0» и пр. объективно обозначают потребность современного общества в наращива-

нии системы Data-центров в нашей стране, что, в свою очередь, задает необходимость системного совершенствования соответствующих программно-аппаратных комплексов, дальнейшего развития методов, методик и средств улучшения их качества.

4. ПАК для Data-центров представляет собой сложноструктурированную систему средств программного обеспечения, соответствующих аппаратных средств и инженерно-технического обеспечения, позволяющих эффективно реализовывать предоставление хостинг-услуг, а так же вычислительных ресурсов для нужд пользователей. Качество ПАК для Data-центров является на современном этапе определяющим фактором развития информатизации общества и экономики в РФ. Нормативная база технического регулирования их создания и эксплуатации в нашей стране характеризуется своей недостаточностью. Признанные международные стандарты де-факто не в полной мере позволяют учесть специфику отечественного рынка хостинг и IT услуг, что оказывает отрицательное влияние на информационное обеспечение функционирования органов государственного и корпоративного управления

5. Основная тенденция в совершенствовании научно-методического инструментария оценки и улучшения качества ПАК Data-центров заключается в определении равновесия между объективностью, точностью оценок и их достаточностью, представительностью. Предметно это показывает нарастающее понимание факта, что квалиметрическая процедура должна удовлетворять требованиям технологии проектирования и комплексирования ПАК Data-центров по достаточному охвату параметров, влияющих на потребительские качества такого комплекса. При этом предполагается необходимость обеспечения некоторого уровня достоверности, объективности такой оценки.

6. Итоги исследования современного состояния научно-методического инструментария оценки и улучшения качества ПАК Data-центров позволили выявить ниже приведенные тенденции в его развитии:

а) По мере усложнения технологий проектирования и комплексирования ПАК Data-центров оценка их качества все более не зависит

от результатов инструментальных измерений параметров программных и аппаратных компонент. Это вызвано тем, что количество параметров программных компонент объективно мало (количество операторов, количество операндов и пр.). Также ограничено количество значений показателей качества, рассчитываемых по измеряемым параметрам. Доминирующее количество современных методов квалиметрической оценки ПАК для Data-центров ориентированы на использование квазисубъективных, качественных, или неточных количественных (бальных, вероятностных и пр.) т.н. измерений от экспертов. Для работы с такими нечеткими входными данными разработаны специализированные методики и соответствующий математический аппарат «мягких» вычислений.

б) Рост возможностей текущих и перспективных форм предоставления хостинг-услуг, широкое внедрение принципов цифровой экономики объективно диктует тенденцию того, что научно-методические и нормативно-технологические инструментариумы управления качеством ПАК для Data-центров все в большей степени будут являться не методиками формирования конечного заключения о качестве того или иного проекта, а способами целенаправленного поиска аномалий в его развитии при проектировании и реализации.

с) Широкое применение инструментария (методик) менеджмента качества в технологический процесс проектирования и комплексирования ПАК для Data-центров не снимает необходимости применения методик непосредственной оценки проекта формируемого центра. При этом процесс квалиметрической оценки ПАК для Data-центров рассматривается не как высокоточный подпроцесс по получению итогового вывода о достигнутом уровне разработанным проектом, а как некоторое логическое средство оперативного анализа для избежания системных просчетов и грубых ошибок. Приблизительный характер такой оценки на практике компенсируется итеративностью самого подпроцесса оценивания, цикличностью технологического процесса комплексирования и формирования ПАК для Data-центров.

7. Актуальность темы диссертационного исследования определяется необходимостью разрешения объективного противоречия между существующей потребностью в комплексном научно-методическом инструментарии оценки и улучшения качества программно-аппаратных комплексов центров обработки и хранения данных (Data-Центров) и недостаточным уровнем развития этого инструментария в настоящий момент.

8. Научный характер данного диссертационного исследования определяется общностью полученных положений, выносимых на защиту, для технологической сферы оценки и улучшения качества программно-аппаратных комплексов центров обработки и хранения данных, обобщением требований и научно-методических инструментариев управления качеством ПАК для Data-центров на основе единого метода.

9. Научно-методический инструментарий оценки и улучшения качества ПАК Data-центров включает следующие компоненты:

- Метод оценки качества программно-аппаратных комплексов центров обработки и хранения данных (Data-центров);
- Базисная совокупность требований к формированию программно-аппаратных комплексов центров обработки и хранения данных;
- Модель повышения результативности облачных вычислений за счет использования динамических программных библиотек и сервисов прикладного функционала;
- Методика определения отклик-процедур улучшения качества программно-аппаратных комплексов центров обработки и хранения данных.

Указанные элементы научно-методического аппарата оценки и улучшения качества ПАК для Data-центров составляют научные результаты данной диссертационной работы.

11. Разрабатываемый научно-методический инструментарий наиболее эффективно использовать в качестве средств инженера-системотехника, применяемых в ходе проектирования и комплексирования ПАК для Data-центров.

## **Глава 2. Научно-методические средства оценки качества программно-аппаратных комплексов центров обработки и хранения данных**

### **2.1. Оценка качества ПАК центров обработки и хранения данных**

Метод оценки качества программно-аппаратных комплексов центров обработки и хранения данных (Data-центров) включает в себя три основных укрупненных этапа:

- синтез иерархии показателей оценки качества;
- взвешивание иерархии показателей оценки качества;
- определение формы и расчет значений показателей оценки. Интерпретация результатов.

Последовательное раскрытие содержания указанных этапов позволяет описать метод в целом.

#### **2.1.1. Иерархия показателей оценки и её синтез**

Логическую основу существующих методов и средств оценки качества (как программного, так и аппаратного обеспечения) составляют их системы (сети) показателей оценки. Это утверждение абсолютно справедливо и для системы показателей оценки ПАК для Data-центров. В наиболее общем понимании, система показателей оценки качества ПАК для Data-центров есть совокупность используемых показателей качества и логических связей вложенности (доминирования) между ними. Объективно совокупность показателей организовывается в таксономию, которая графически представляется графом. Такой граф объективно не содержит циклов, а значит является деревом. По существу, указанный вид таксономии показателей качества ПАК для Data-центров задает в виде дерева иерархическую сеть показателей. Иерархичность объясняется мно-

гоуровневостью и декомпозируемостью в представлении вложенности более простых показателей качества в состав более сложных.

В современной квалиметрии введён термин “интегральный показатель” как наиболее общий сводный показатель, который является самым важным в представлении удовлетворяемых потребностей, является сводным для всех более простых показателей и характеризует общую ценность оцениваемого объекта (в данном случае - ПАК для Data-центра). Именно по этому показателю всегда стремятся получить наиболее предпочтительную оценку [9]. Само существование сводного (в т.ч. интегрального) показателя является относительным понятием, как и понятие “система”. Как рассматриваемая система является метасистемой для включенных в ее состав подсистем и подсистемой для метасистемы, в состав которой она включена, так и показатель качества, по которому оценивают степень удовлетворения частной потребности, в отношении ее является сводным и одновременно частным показателем в отношении потребности более высокого уровня иерархии, в которую рассматриваемая потребность входит как более частная. В конкретной иерархии показателей качества ПАК для Data-центра интегральный показатель, как наиболее общий из сводных, единственен. Его единственность есть способ устранения неопределенности при оценке эффективности двух проектов ПАК для Data-центра одинакового класса. Указанная единственность достигается путем реализации агрегирования частных показателей более низкого уровня иерархии в сводный показатель более высокого уровня. Агрегирование заключается в том, что при оценке принятый показатель в своем количественном выражении должен содержать показатели качества ПАК для Data-центра, которые находятся на следующем нижнем уровне иерархии [9]:

$$W_{ij} \Rightarrow W_i(W_{ij}) \Rightarrow M(W_i), \quad (2.1.1)$$

где:  $W_{ij}$  — значение показателя качества по  $j$ -му свойству  $i$ -ого проекта ПАК для Data-центра (оценка качества по  $j$ -му показателю);  $W_i$  — значение сводного показателя качества для  $i$ -ого проекта ПАК для Data-центра (сводная оценка качества для  $i$ -ого проекта);  $M(W_i)$  — значение интегрального показателя каче-

ства для  $i$ -ого проекта ПАК для Data-центра по всей иерархии показателей с учетом их относительной важности или веса (интегральная оценка качества для  $i$ -ого проекта).

Математически, в общем виде, агрегирование формулируется так:

$$\left. \begin{aligned} K_1 &= K_1(\alpha_1); \\ K_2 &= K_2(\alpha_1, \alpha_2) = K_2(\alpha_2, K_1); \\ K_i &= K_i(\alpha_1, \alpha_2 \dots \alpha_i) = K_i(\alpha_i, K_{i-1}) \end{aligned} \right\}, \quad (2.1.2)$$

где:  $\alpha_i$  — показатели  $i$ -го уровня;  $K_i$  — сводный показатель  $i+1$ -го уровня.

На основе (2.1.1) логика композиционного связывания показателей в иерархической сети оценки качества ПАК для Data-центра представляется в следующем виде

$$\left. \begin{aligned} K_1 &= K_1(\alpha_1) \\ K_{i+1} &= K_{i+1}(\alpha_{i+1}, K_i) \end{aligned} \right\}, \quad (2.1.3)$$

где  $i = 1 \dots (n-1)$ .

Изменение перечня анализируемых потребностей и класса анализируемых проектов ПАК для Data-центров не влечет за собой изменения принципов синтеза сети показателей оценки качества: агрегирование по типу (2.1.2) и подход (2.1.3) к композиционному связыванию показателей различных уровней иерархии сети оценки качества основываются на базовых положениях математической теории построения форм интегральных критериев и системного подхода. Агрегирование показателей в составе иерархической сети оценки качества ПАК для Data-центров инвариантно к конкретным независимым показателям и классам проектов указанных ПАК.

Констатируя, что структура показателей качества ПАК для Data-центра представляет собой структуру, в которой показатель более низкого уровня декомпозирует характеристику ПАК, которая оценивается на более высоком уровне иерархии в виде сводного показателя большей степени общности (т.е. древовидную структуру), определяется возможность утвердить факт необходимости рассмотрения реализации агрегирования применительно к структуре показателей, представленных именно деревом. Пусть вершина  $B_{ij}$ , расположенная



на  $j$ -ом уровне иерархии дерева сети оценки качества ПАК для Data-центра (Рисунок 2.1.1), раскрывает его  $i$ -ое частное свойство, оцениваемое показателем  $T_{k,j-1}$ , представленным вершиной  $B_{k,j-1}$ . Вершина  $B_{ij}$  характеризуется показателем  $T_{ij}$ , агрегирующим в себя более частные показатели, представленные подмножеством вершин  $\{B_{r,j+1}\}$ . Вершина  $B_{ij}$  принадлежит пучку связей с корневой вершиной  $B_{k,j-1}$  и подмножеством порожденных вершин  $\{B_{ij}\} (i = \overline{1, n})$  и, в свою очередь, порождает пучок связей с подмножеством вершин  $\{B_{r,j+1}\} (i = \overline{1, m})$ . В целом, оценка свойства, представленного в вершине  $B_{ij}$ , задается двумя видами показателей: 1) собственным качеством, т.е. показателем оценивающим то единое свойство, которое он определяет; 2) агрегированными качествами, т.е. показателями оценивающими частные свойства декомпозирующие рассматриваемое качество и характеризующими дочерние вершины  $\{B_{r,j+1}\}$ .

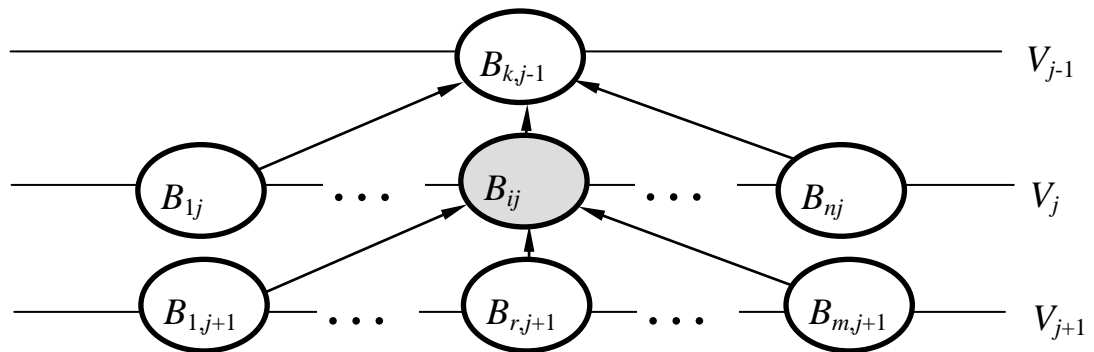


Рисунок 2.1.1 – Агрегирование показателей на упорядоченном графе (дереве)

В частности, при наличии у вершина дерева восходящих связей в иерархии показателей сети оценки качества ПАК для Data-центров, принимается, что она обладает собственным сводным показателем. При наличии у вершина дерева нисходящих связей в иерархии показателей сети оценки качества ПАК для Data-центров, принимается, что она обладает агрегированными показателями. Корневые вершины дерева соответствуют только собственным сводным показателям (т.е. интегральным показателем), агрегированными показателями обладают только сводные вершины. Не имеет собственных агрегированных показателей только вершина-«лист» дерева  $B_{01}$ , являющаяся элементарным, т.е. непосредственно оцениваемым показателем.

Отсюда агрегирование при синтезе иерархии показателей оценки качества ПАК для Data-центра следует представить в следующем виде:

$$\left. \begin{aligned} Q(B_{ij}) &= Q[m(B_{ij}), s(M_{j+1}^{ij})] && \text{для } \forall B_{ij} \in \{B_K\}; \\ Q(B_{ij}) &= Q[m(B_{ij}), s(B_{ij})] && \text{для } \forall B_{ij} \notin \{B_K\}; \\ Q(B_{01}) &= s(M_1^{01}) \end{aligned} \right\}, \quad (2.1.4)$$

где:  $Q(B_{ij})$  – оценка качества по сводному показателю в вершине  $B_{ij}$ ;  $M_{j+1}^{ij}$  – множество вершин  $B_{l,j+1}$ , принадлежащих пучку связей с корневой вершиной  $B_{ij}$ ;  $s(M_{j+1}^{ij})$  – агрегированная оценка качества в вершине  $B_{ij}$ , измеряемое показателями, характеризующими вершины  $B_{l,j+1} \in M_{j+1}^{ij}$ ;  $\{B_K\}$  – подмножество корневых вершин;  $B_{01}$  — вершина дерева, соответствующая элементарному показателю (лист дерева),  $m(B_{ij})$  – вес или важность показателя оценки  $Q(B_{ij})$  при его агрегировании в показатель более высокого уровня, для которого выполняется условие

$$\exists M_{j+1}^{ij} (M_{j+1}^{ij} \in D) \wedge \{Q(B_{ij})\} (B_{ij} \in M_{j+1}^{ij}; i = \overline{1, n}) \rightarrow \bigcup_{i=1}^n m(B_{ij}) = a, \quad (2.1.5)$$

где

$$\bigcup_{i=1}^n m(B_{ij}) = a. \quad (2.1.6)$$

Соотношение (2.1.6) определяет необходимость выполнения некоторого правила  $a$  оценки важности агрегируемых показателей в составе композиционного объединения сети оценки качества ПАК для Data-центров.

Тогда, если элементарные показатели, которые соответствуют листовым вершинам дерева, представлены в одной и той же количественной шкале, оценка любого корневого показателя дерева сети оценки качества ПАК для Data-центров сводится к

$$s(M_{j+1}^{ij}) = \bigcup_{i=1}^n m_{i,j+1}^{ij} Q(B_{l,j+1}^{ij}) = F(Q(B_{l,j+1}^{ij}), m_{i,j+1}^{ij}) \quad (2.1.7)$$

где

$$\bigcup_{i=1}^n m(B_{ij}) = a, \quad (2.1.8)$$

где:  $B_{l,j+1}^{ij}$  – дочерние вершины, которые входят в пучок  $M_{j+1}^{ij}$ , образуемый корневой вершиной  $B_{ij}$ ;  $Q(B_{l,j+1}^{ij})$  – значения показателей оценки качества в вершинах  $B_{l,j+1}^{ij}$ ;  $m_{l,j+1}^{ij}$  – важность указанных показателей при их агрегировании в показатель более высокого уровня.

Иными словами, если структура сети оценки качества ПАК для Data-центров представлена в виде дерева, агрегирование сводных показателей представляет собой определение в (2.1.7) конкретизированной математической формы функции  $F(Q(B_{l,j+1}^{ij}), m_{l,j+1}^{ij})$ , определяющей корректность свертки некоторого конечного множества одноуровневых частных показателей сети оценки качества ПАК для Data-центров в составе сводного показателя. В общем виде математическая форма этой функции может быть описана как:

$$Q(B_{l,j+1}^{ij}) = f(q_1(c_1), q_2(c_2), \dots, q_i(c_i), \dots, q_n(c_n)), \quad (2.1.9)$$

где:  $q_i(c_i)$  – значение оценки качества ПАК для Data-центра по  $i$ -му элементарному показателю  $c_i$ ;  $n$  – число элементарных показателей качества ПАК для Data-центра;  $\rho$  – общее число сводных показателей в сети оценки качества.

Реализация агрегирования согласно (2.1.4) – (2.1.7) позволяет представить процесс свертки сводных показателей через более простые сводные и элементарные:

$$Q(B_{l,j+1}^{ij})_i^m = f_i^m(y_1^{m+1}(c_1), \dots, y_{Ki+1}^{m+1}(c_K)) \quad (2.1.10)$$

Тогда форма сводного показателя (2.1.9) на основании (2.1.10), при представлении операторами, будет выглядеть следующим образом:

$$Q(B_{l,j+1}^{ij}) = \hat{F}^1, \dots, \hat{F}^i, \dots, \hat{F}^m(y_1(c_1), \dots, y_n(c_n)) . \quad (2.1.11)$$

При этом оператор:

$$\hat{F}^m : y^{i+1} \rightarrow y^m. \quad (2.1.12)$$

При выполнении математических условий существования и непрерывности сводный показатель в иерархической сети оценки качества ПАК для Data-центров представим в нормальной форме

$$Q(B_{l,j+1}^{ij}) = \sum_{i=1}^n q_i(C^{(i)}), \quad (2.1.13)$$

где  $C^{(i)} = (C_1, \dots, C_i)$  — вектор, содержащий только первые  $i$  из общего числа  $n$  элементарных показателей  $C$ .

Соответственно, при выполнении условия независимости по приращению для всех элементарных показателей  $C_i$  ( $i = \overline{1, n}$ ) сводный показатель представим в мультиаддитивной форме

$$Q(B_{l,j+1}^{ij}) = \sum_{k=1}^n \prod_{i=1}^k \eta_i(q_i(c_i)) \quad (2.1.14)$$

где  $C = (c_1, c_2, \dots, c_n)$  — вектор элементарных показателей;  $\eta$  — соответствующая комбинация  $y_i(c_i)$ .

А при выполнении условия независимости по предпочтительности сводный показатель может быть представлен в аддитивной форме

$$Q(B_{l,j+1}^{ij}) = \sum_{i=1}^n q_i(c_i). \quad (2.1.15)$$

Математические формы сводных показателей, получаемые один из другого с помощью монотонных преобразований, эквивалентны. Поэтому аддитивной форме эквивалентны следующие формы представления сводного показателя:

Мультипликативный показатель

$$Q(B_{l,j+1}^{ij}) = \prod_{i=1}^n q_i(c_i). \quad (2.1.16)$$

Нормированный аддитивный показатель вида

$$Q(B_{l,j+1}^{ij}) = \sum_{i=1}^n k_i q_i(c_i), \quad (2.1.17)$$

где

$$\sum_{i=1}^n k_i = 1 \quad \text{и} \quad k_i \geq 0 \quad \text{для всех} \quad i = \overline{1, n}. \quad (2.1.18)$$

В силу того, что оценка элементарного показателя  $q_i(c_i)$  в иерархической сети оценки качества ПАК для Data-центров представляет собой вещественное

число допустимо сводный показатель вида (2.1.17) рассматривать как один из частных видов аддитивного показателя - сводный показатель линейной формы:

$$Q(B_{l,j+1}^{ij}) = \sum_{i=1}^n k_i q_i \quad (2.1.19)$$

В ходе диссертационного исследования проанализировано и обосновано, что выше описанному требованию корректности свертки некоторого конечного множества одноуровневых частных показателей сети оценки качества ПАК для Data-центров в составе сводного показателя отвечает именно функция вида (2.1.19), которая: 1) обеспечивает агрегирование любого конечного множества одноуровневых частных показателей; 2) определяет корректную процедуру агрегирования частных показателей с учетом их значимости для показателя более высокого уровня иерархии.

Таким образом, реализуя агрегирование элементарных (непосредственно оцениваемых) показателей в сводные (в т.ч. в интегральный) становится возможным за конечное число шагов синтезировать иерархическую сеть показателей оценки качества ПАК для Data-центров. Её обобщенная структура показана на Рисунке 2.1.3. Указанная сеть не является однозначным деревом, т.е. графом, который не содержит циклов, в силу того, что она допускает транзитивные замыкания дуг. Дуга  $(c_i, c_k)$  сети показателей оценки качества ПАК для Data-центров называется транзитивно замыкающей, если она удовлетворяет условию:

$$\forall c_i, c_j, c_k \in C((c_i < c_j) \& (c_j < c_k) \& (c_i < c_k)) \quad (2.1.20)$$

Однако, указанная сеть является древовидной, а соответственно все выше приведенные выводы и обоснования распространяются на её структуру с учетом особенности, выраженной в (2.1.20). Представленная

Математическая форма (2.1.17) сводных и интегральных показателей в иерархической сети оценки качества ПАК для Data-центров требует учета различной важности или веса более простых показателей в составе агрегируемых более сложных сводных показателей. Этот факт предопределяет необходимость разработки второй базовой процедуры (второго этапа) метода

оценки качества программно-аппаратных комплексов центров обработки и хранения данных – процедуры взвешивание иерархии показателей оценки качества ПАК для Data-центров.

### 2.1.2. Взвешивание иерархии показателей оценки качества

Вершиной иерархической сети оценки качества ПАК для Data-центров является интегральный показатель  $Q_0$ . Очевидно, что в составе выше описанной сети показателей мера значимости (т.е. вес) каждого показателя  $q_i$  для определения значения интегрального показателя  $Q_0$  будет различной. Для количественного выражения веса каждого показателя  $q_i$ , в составе ближайшего сводного показателя в соответствии со структурой сети используются весовые коэффициенты. Они определяются следующим образом:

$w_{m,n}$  - локальный вес  $m$ -го показателя в составе  $n$ -го;

$$w_{m,n} \in (0,1); w_{m,n} \in R \quad (2.1.21)$$

$$\sum_m w_{m,n} = 1. \quad (2.1.22)$$

$b_m^*$  - глобальный вес  $m$ -го показателя в составе интегрального показателя  $Q_0$ .

При содержательной интерпретации показателей и упорядочивании их в иерархии с учетом требований математического аппарата, применяемого для взвешивания, иными словами, для определения значимости показателей качества, иерархическая сеть оценки качества ПАК для Data-центров приобретает обобщенный структурный вид, показанный на Рисунке 2.1.2.

Реализация выше представленного синтеза иерархической сети оценки качества ПАК для Data-центров дает возможность осуществить обоснование научно-методического аппарата оценки значимости или взвешивания более простых показателей качества ПАК в составе более сложных, включая интегральный показатель. Такое взвешивание может осуществляться на базе различных методов расчета и свертки интегральных показателей. Итоговый выбор

соответствующего математического метода определяется спецификой получения и объемом входных данных для аппарата взвешивания показателей в иерархической сети оценки качества ПАК для Data-центров. Проведенный сравнительный анализ ряда методов построения сводных показателей из [3,9,10,32,33,41,44,64,92,93] позволил обоснованно избрать в качестве указанного математического аппарата метод анализа иерархий. Анализ иерархии сети иерархической сети оценки качества ПАК для Data-центров необходим для нахождения численной характеристики композиционной важности более простых показателей качества ПАК относительно друг друга в составе более сложных.



Рисунок 2.1.2 – Обобщенный вид структуры иерархической сети оценки качества ПАК для Data-центров

Математически метод анализа иерархий [92,93] позволяет путем попарного сравнения важности показателей качества нижнего уровня иерархии определять числовой вектор, индексирующий предпочтительность указанных показателей качества ПАК для Data-центров в показателях близлежащего верхнего уровня. В свою очередь, это позволяет пересчитывать веса, полученные указанным путем, в числовой вектор, характеризующий предпочтительность более простых показателей качества ПАК для Data-центров в каждом вышестоящем сводном показателе качества, с которым они связаны. Численные значения показателей качества ПАК для Data-центров, характеризующие предпочтительность в сводных показателях качества близлежащего уровня рассматриваются как «локальные веса», а в интегральном показателе оценки качества ПАК для Data-центров как «глобальные веса». На основании выше сказанного для синтезированной, согласно пп.2.1.1., иерархической сети показателей оценки качества ПАК для Data-центров  $G^+$  становится возможным определить следующую совокупность шагов процедуры взвешивания элементарных и сводных показателей:

А. Для каждого сводного показателя качества ПАК для Data-центров из состава сети выявляется, путем экспертного опроса на базе специализированной шкалы из [92,93], матрица  $V$  парных сравнений важности показателей качества в соответствующей декомпозиции этого сводного показателя качества:

$$V = \begin{vmatrix} v_{11} & v_{12} & \cdot & v_{1n} \\ v_{21} & \cdot & v_{ij} & \cdot \\ v_{n1} & \cdot & \cdot & v_{nn} \end{vmatrix} \quad (2.1.23)$$

где:  $V_{ij}$  – оценка важности участия  $i$ -го показателя качества ПАК для Data-центров перед  $j$ -м в композиционно общем для них сводном показателе качества, согласно структуры сети  $G^+$ .

Б. Выявление уровня важности более простых показателей качества ПАК для Data-центров в составе близлежащих сводных показателей качества ведет к расчету собственного вектора  $W$  матрицы  $V$ , для которого верно:

$$VW = DW, \quad (2.1.24)$$

где  $D$  – собственное число матрицы  $V$ .

Числовые значения компонент вектора  $W$ :



$$W = \langle w_1, w_2, w_3, \dots, w_n \rangle \quad (2.1.25)$$

есть локальные веса для анализируемого сводного показателя качества – декомпозируемого узла иерархической сети оценки качества ПАК для Data-центров  $G^+$ . Алгоритм численного определения точных значений собственного вектора матрицы сложен и имеет высокую трудоёмкость. Поэтому в практике используют численные методы получения приближенных значений элементов собственного вектора. Такие методы упрощают вычислительную процедуру и легко реализуемы. Выше сказанное позволяет ввести формулу расчета геометрически среднего для расчета оценки собственного вектора  $W'$  как вектора весов  $W$  частных показателей качества ПАК для Data-центров в декомпозиции сводного показателя:

$$W' = \frac{\sqrt[n]{\prod_{j=1}^n v_{ij}}}{\sum_{i=1}^n \left( \sqrt[n]{\prod_{j=1}^n v_{ij}} \right)} \quad (2.1.26)$$

где  $n$  – есть размерность матрицы ( $n*n$ ).

Существо процедуры расчета элементов оценки собственного вектора  $W'$  как вектора весов  $W$  частных показателей качества ПАК для Data-центров в декомпозиции сводного показателя обобщенно показано на Рисунке 2.1.3.

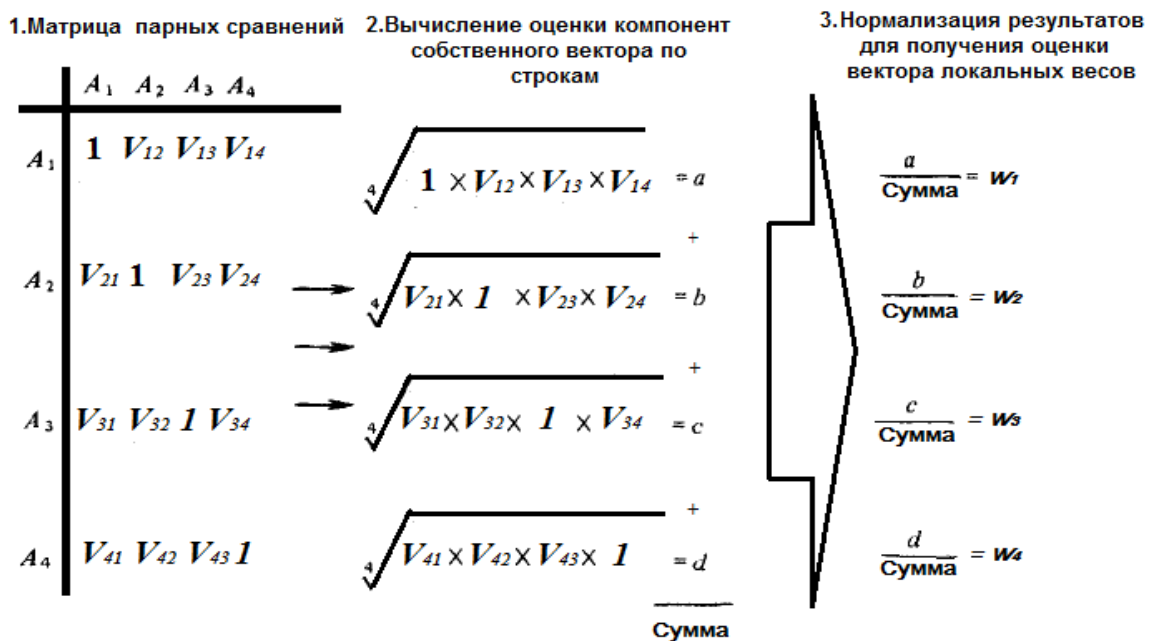


Рисунок 2.1.3 – Этапы расчета элементов оценки собственного вектора как вектора весов частных показателей качества в составе сводного показателя

Замещение  $W' \rightarrow W$  является эквивалентным при выполнении условия, что разность максимального собственного числа матрицы парных сравнений  $D_{max}$  и порядка этой матрицы  $n$  не выходит за некоторые заданные пределы. В предельно-идеальном варианте:

$$D_{max} = n. \quad (2.1.27)$$

Указанные заданные пределы устанавливаются в математическом методе анализа иерархий как индекс согласованности (ИС) и отношение согласованности (ОС), вычисляемые по оценочному значению  $D_{max}$ :

$$D_{max} \approx \sum_{j=1}^n \left( \left( \sum_{i=1}^n v_{ij} \right) w_i \right), \quad (2.1.28)$$

$$ИС = (D_{max} - n) / (n-1). \quad (2.1.29)$$

Так для любой матрицы парных сравнений, которая по определению и алгоритму своего построения есть обратно симметричная матрица, выполнимо:

$$D_{max} \geq n, \quad (2.1.30)$$

$$ОС = \frac{ИС}{\bar{\eta}} * 100\% , \quad (2.1.31)$$

где  $\bar{\eta}$  - случайная согласованность для матрицы  $\|V_{ij}\|$ . Случайная согласованность матриц парных сравнений табулирована и приводится в различных первоисточниках. Так пример её значений дан в [93]. В свою очередь ОС является сводной оценкой согласованности попарных сравнений в матрице  $V$ . Это отношение - ОС не должно превышать 10-20%, как это определяет метод анализа иерархий. В случае если ОС превышает указанные пределы необходимо повторное пере согласование попарных сравнений в матрице  $V$  путем проведения повторной экспертизы (экспертного опроса) или (и) уточнения шкалы попарных сравнений.

В. Наличие множества локальных весов дает возможность осуществить расчет глобальных весов  $b_i$  для любого показателя оценки качества в сети оценки качества ПАК для Data-центров  $G^+$ . Именно эти значения глобальных весов характеризуют численно влияние соответствующих показателей оценки качест-

ва на интегральный показатель оценки качества ПАК для Data-центров. Глобальный вес  $b_i$  есть произведение локальных весов вышестоящих вершин-сводных показателей качества на пути в иерархии между оцениваемым частным показателем качества ПАК для Data-центров и интегральным показателем, стоящим в корневой вершине иерархии, то есть:

$$b_i = \prod_{t=1}^T w_t, \quad (2.1.32)$$

где  $T$  – число уровней иерархии между  $i$ -ым показателем качества и интегральным показателем качества ПАК для Data-центров.

Г. Если показателей качества ПАК для Data-центров в рамках декомпозиции сводного показателя более трех, т.е.  $n > 3$ , то каждый из них получает глобальный вес меньше, чем каждый из немногих показателей качества в декомпозиции сводного показателя с меньшим весом. С целью устранения этой чисто расчетной коллизии математического аппарата определения глобальных весов  $b_i$  всё их множество преобразуется в множество глобальных приведенных весов  $b^*_i$ . Приведенный глобальный вес  $b^*_i$  определяется через умножение приоритета  $b_i$  каждого показателя качества ПАК для Data-центров на число более простых показателей качества ( $n''_i/p$ ), с более низкого уровня иерархии:

$$b''_i = \frac{b_i * n''_i}{p} \quad (2.1.33)$$

$$b^*_{1H} = \frac{b''_i}{\sum_i b''_i} \quad (2.1.34)$$

Таким образом, реализация процедуры определения локальных и глобальных весов позволяет использовать полученные значения в качестве соответствующих весовых коэффициентов в интегральных свертках сводных показателей качества, определяемых на базе сети оценки качества ПАК для Data-центров. Существо такой свертки и обоснование формы интегральных критериев оценки качества будет дано ниже, в рамках описания третьей составной час-

ти излагаемого метода - методики расчета сводных и интегрального показателей качества.

Д. Завершая описание процедуры взвешивание иерархии показателей оценки качества ПАК для Data-центров необходимо резюмировать: множества локальных  $w_i$  и глобальных  $b^*_i$  весов дают возможность задать соответствующие весовые коэффициенты в интегральных свертках определения сводных и интегрального показателей качества по всем дугам иерархической сети оценки качества ПАК для Data-центров  $G_+$ . Этот факт обеспечивает обоснованность количественного учета важности более простых показателей качества в составе более сложных сводных и интегральных показателей качества ПАК для Data-центров.

Однако, необходимо констатировать, что и при выполнении обязательного в рамках метода анализа иерархий условия:

$$OC \leq 10 \div 20 \% \quad (2.1.35)$$

будет найдено соответствующее число показателей качества ПАК для Data-центров, для которых:

$$b''_i \leq |w_i - w'_i|. \quad (2.1.36)$$

Показатели качества с глобальными весами  $b''_i$ , соответствующими соотношению (2.1.36), представляют собой факторы оценки качества с незначимым влиянием на интегральный показатель качества ПАК для Data-центров, так как их глобальная важность сравнима (меньше) погрешности математического аппарата их определения. Значит, такими показателями качества ПАК для Data-центров в сети показателей следует пренебречь. Для поиска показателей качества, отвечающих (2.1.20), выражение (2.1.24) преобразуется к виду:

$$(V - DE) W = 0 \quad (2.1.37)$$

где  $E$  есть единичная матрица.

В соответствии с (2.1.27) в случае идеально согласованных экспертных мнений в матрице парных сравнений следует принять:

$$(V - nE) W = 0. \quad (2.1.38)$$

Это позволяет рассчитать оценку вектора  $\overline{W}$  значений локальных весов для варианта полной согласованности экспертов в рамках одного акта экспертизы. Множества значений локальных весов  $w_i$ , локальных приведенных весов  $\overline{w}_i$  позволяет проанализировать все сводные показатели качества в составе иерархической сети оценки качества ПАК для Data-центров  $G^+$  на соответствие (2.1.27). По результатам такого анализа показатели качества ПАК для Data-центров со значимостью ниже критической удаляются и проводится повторная нормализация глобальных весов  $b''_i$ . Итоговая сеть оценки качества ПАК для Data-центров используется непосредственно для оценки качества и передается как расчетная основа в методику расчета сводных и интегральных показателей качества ПАК для Data-центров. Итоговая взвешенная структура такой иерархической сети показана на Рисунке 2.1.4.

Таким образом, на основе синтезированной и взвешенной сети показателей оценки качества ПАК для Data-центров становится возможным, на базе экспертизы получить цифровые значения оценок по элементарным показателям качества и осуществить расчет значений любого сводного и интегрального показателей качества ПАК для Data-центров из состава этой иерархической сети.

### 2.1.3. Расчет сводных и интегральных показателей качества

Методика расчета сводных и интегральных показателей качества ПАК для Data-центров является итоговой (резюмирующей) компонентой метода оценки качества искомых комплексов. Производство расчета значений сводных и интегральных показателей оценки качества ПАК для Data-центров на базе соответствующей иерархической сети показателей качества  $G^*$  в соответствии с формулой интегральной свертки (2.1.19) осуществляется в следующем порядке:

1. Первоначально осуществляется синтез сети  $G^*$  показателей оценки качества ПАК для Data-центров в соответствии с процедурой описанной в пп.2.1.1. настоящего диссертационного исследования. Так же в результате реализации этой процедуры определяется состав элементарных показателей оценки качества ПАК для Data-центров для текущих условий проведения квалиметрической оценки.

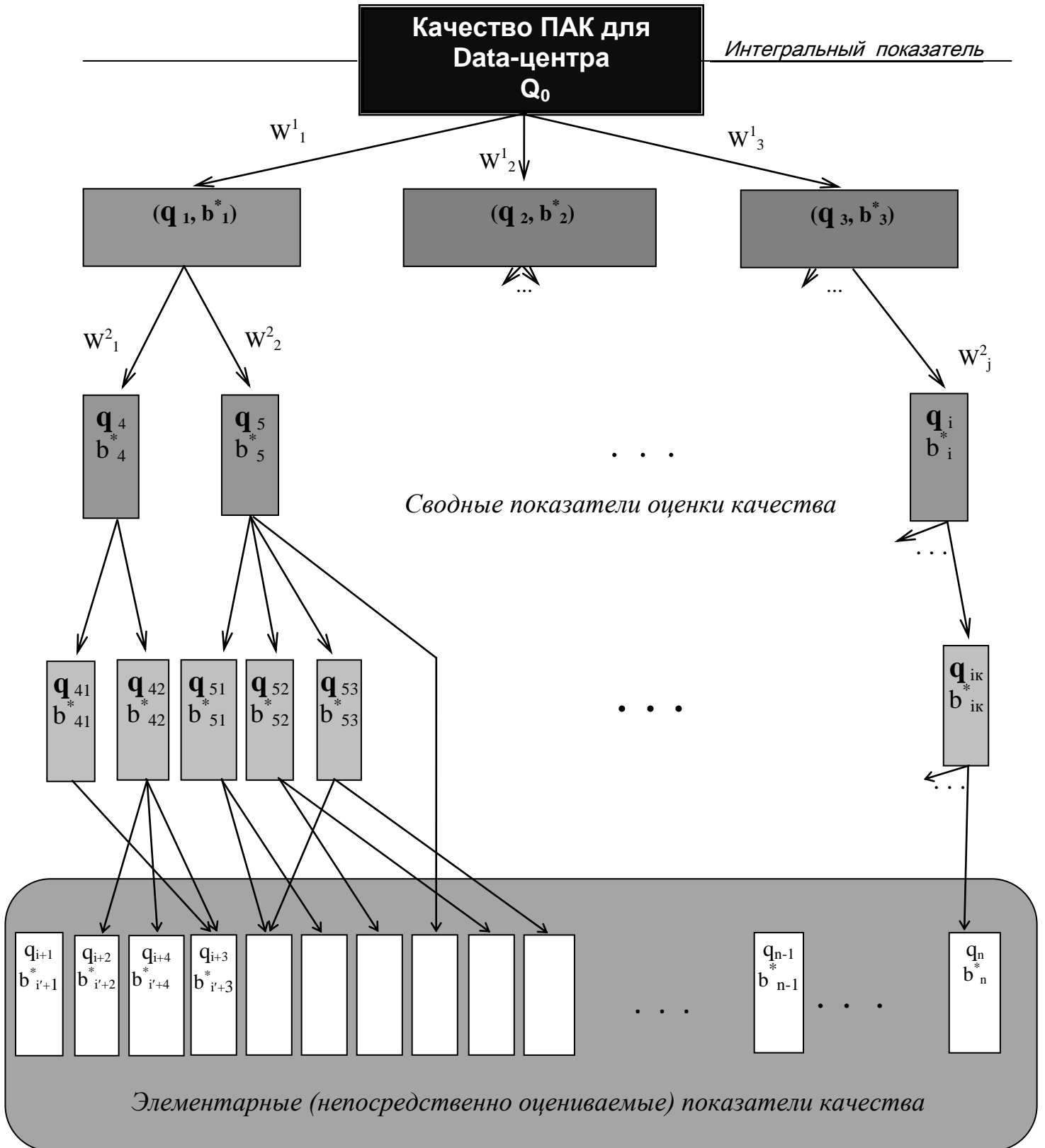


Рисунок 2.1.4 – Обобщенная структура иерархической взвешенной сети оценки качества ПАК для Data-центров

Конкретизированный состав показателей определяется на основе базисной совокупности требований к ПАК для Data-центра, описанной ниже, в рамках п.2.2.

2. Проводится взвешивание элементарных показателей в составе сводных и интегральных показателей качества ПАК для Data-центра с использованием математического аппарата показанного и описанного в пп.2.1.2. настоящего диссертационного исследования.

3. Далее осуществляется экспертиза и непосредственная оценка экспертами элементарных показателей оценки качества ПАК для Data-центра согласно конкретного проекта. Они оцениваются экспертно-статистическим образом, но результаты представляются в виде вещественных значений шкалы (0-9), описанной в [92]. Это позволяет учитывать оценки по элементарным показателям в расчете значений оценок качества ПАК для Data-центра по сводным и интегральным показателям. Определение оценок  $q_i(c_i)$  на отрезке

$$(0,9) \in \mathfrak{R}, \quad (2.1.39)$$

где  $\mathfrak{R}$  - множество вещественных чисел, подразумевает их непрерывный характер. Конкретное численное представление  $q_i(c_i)$  в каждом частном случае оценивания в дальнейшем позволяет значительно упростить расчет интегрального показателя по (2.1.19).

При проведении акта оценивания элементарных показателей эксперту предлагают предметно-интерпретированную шкалу, которая позволяет измерять степень совпадения  $Y$  имеемого качества по данному показателю у анализируемого проекта ПАК Data-центра  $Y_i$  с эталонной моделью этого комплекса  $Y_0$  у него в сознании:

$$q_i(c_i) = \Delta Y, \quad (2.1.40)$$

$$\Delta Y_i = Y_i - Y_0 \quad (2.1.41)$$

Степень совпадения с идеальной моделью ПАК показывает уровень качества, что позволяет сравнивать различные варианты проектов или реализаций описываемых комплексов. Т.е., в целом, определение оценок

качества как по частным (элементарным) показателями, так и по интегральным (сложным) показателями на шкале (2.1.39) и ее непрерывный характер позволяет использовать получаемые оценки более простых показателей в иерархии для расчета значений оценок более сложных, т.е. показателей вышестоящих уровней композиции иерархической сети показателей.

4. Согласно (2.1.19) производится интегральная свертка показателей оценки качества ПАК для Data-центров с использованием рассчитанных весовых коэффициентов. По соответствующим шкалам сводных и интегрального показателей получается численное заключение об итоговом уровне качества текущего ПАК для Data-центра.

5. На завершающем этапе производится предметная интерпретация результатов оценки, формулирование выводов о достигнутом уровне качества текущего проекта или реализации ПАК для Data-центра.

Процесс проведения оценки качества ПАК для Data-центра, как совокупность подпроцессов подготовки экспертных данных и проведения расчета сводных, интегрального показателей носит итеративный характер. Итеративность вызвана необходимостью адаптации или «настройки» иерархической сети показателей оценки качества ПАК для Data-центров для обеспечения репрезентативности получаемого заключения о достигнутом уровне качества. Этот факт обуславливает сложную структуру реализации описанной методики оценки качества ПАК для Data-центра – расчета сводных и интегрального показателей качества. Структура указанной методики в нотации блок-схем алгоритмов показана на Рисунке 2.1.5. Эта методика, представляемая как обобщенный алгоритм действий при оценке качества ПАК для Data-центра, является неотъемлемой (практической) частью метода оценки качества программно-аппаратных комплексов центров обработки и хранения данных (Data-центров).

Применение метода оценки качества программно-аппаратных комплексов центров обработки и хранения данных (Data-центров) на практике возможно, как с использованием самостоятельной номенклатуры квалиметрических показателей оценки, так и на основании базисной совокупности требований к фор-



мированию программно-аппаратных комплексов центров обработки и хранения данных, разработанной в рамках второго научного результата.

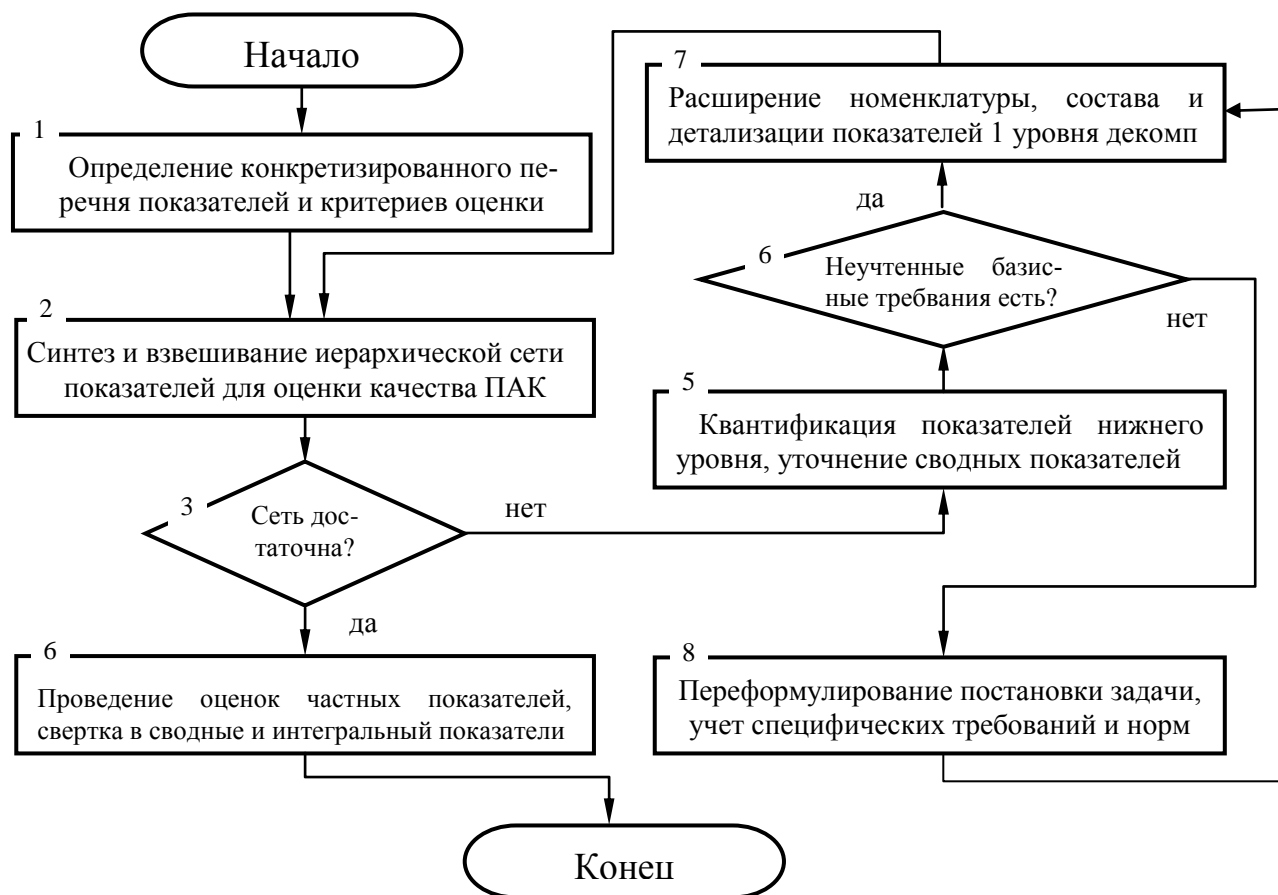


Рисунок 2.1.5 – Алгоритм проведения оценки качества ПАК для Data-центра

Очевидно, что метод оценки качества программно-аппаратных комплексов центров обработки и хранения данных (Data-центров) является системологическим средством организации указанной оценки. Конкретное наполнение сети показателей реальной номенклатурой требований не входит в рамки данного метода, т.к. в силу сложности объекта оценки и потребностей в нем, указанная номенклатура может испытывать постоянные усовершенствования и изменения в зависимости от специфики применения ПАК Data-центра. В силу выше сказанного, разработанный метод логически увязывается с базисной совокупностью требований к формированию программно-аппаратных комплексов центров обработки и хранения данных, которая может быть принята за основу при конкретизации выше указанной номенклатуры требований.

## **2.2. Базисная совокупность требований к формированию ПАК центров обработки и хранения цифровых данных**

### **2.2.1. Теоретические основы и базовые технологии формирования ПАК для Data-центров**

Обеспечение требуемого уровня качества ПАК для Data-центров определяется прежде всего полнотой, обоснованностью и проработанностью технического задания на проектирование и создание указанного комплекса.

Всегда целью работы по разработке технического задания является выработка системы взглядов, подходов, предопределение технических решений, охватывающих комплекс мероприятий по созданию ПАК для конкретного Data-центра, для обеспечения максимальной реализации его потенциальных возможностей. Такое техническое задание представляет собой упорядоченный свод требований предъявляемых к проектированию и созданию ПАК для конкретного Data-центра, который должен обеспечить полноту и актуальность раскрываемых в этом документе вопросов. Как правило, такой документ так же содержит в себе обоснование необходимости включения соответствующих требований в состав текущей версии технического задания.

Базисная совокупность требований к формированию программно-аппаратных комплексов центров обработки и хранения данных, разработанная в рамках данного диссертационного исследования, представляет собой обоснованную и систематизированную систему требований, которая отражает общие и ряд устойчивых специфических потребностей в ПАК для Data-центров. Она может выступать в качестве методической основы для разработки указанных технических заданий в каждом конкретном случае проектирования и создания Data-центра.

Устойчивые группы требований выделены в работе на основе общепринятых стандартов формирования и оценки качества программно-аппаратных

комплексов, на основе результатов соответствующих квалиметрических моделей в теории качества сложных программно-информационных систем [5-9]. К таким моделям, прежде всего, относятся модели зрелости процесса создания: CMM (Capability Maturity Model) и SPICE (Software Process Improvement and Capability dEtermination). Последняя модель положена в основу международного стандарта ISO/IEC 15504 (Information Technology - Software Process Assessment). Схематично квалиметрическая модель зрелости процесса создания CMM показана в виде схемы вложенности на Рисунке 2.2.1. Модель SPICE, согласно стандарта ISO/IEC 15504, аналогична CMM.

Цель процессов, согласно обоим указанным квалиметрическим моделям, есть постоянное совершенствование процесса разработки программных комплексов. В частности, в SPICE определено шесть возрастающих уровней совершенствование процесса разработки. Они применимы не только к оценке процессов организации-проектанта ПАК для Data-центра, но и к отдельным процессам создания. В виде Таблицы 2.2.1. показана иерархия уровней оценки согласно SPICE и задаваемые им градации уровней зрелости в соотношении к существу реализации процессов проектирования и разработки в организации.

Официально признанного и нотифицированного русскоязычного эквивалента к стандарту SPICE в отечественной системе нормативно-технического регулирования нет. В связи с чем, терминологию и категории этого стандарта нельзя считать официально принятыми и зарегистрированными в нашей стране. Однако, данного стандарта широко придерживаются де-факто в нашей стране, в среде официальных разработчиков софтверной индустрии. В частности, наиболее популярным компонентом SPICE, состоящего из девяти логико-содержательных частей, является «оценка процессов». Она описана в большей части этого документа (Части 2-6). Часть 2 стандарта включает описание эталонной модели процессов - reference model. По существу - это модель процессов из ISO 12297, но есть отдельные отличия. Итоги оценки на базе SPICE выглядят сложно и требуют некоторого упрощения для понимания.



Рисунок 2.2.1. – Иерархия уровней оценки квалиметрической модели CMM

Части 7 и 8 стандарта SPICE описывают пути и методы улучшения и совершенствования процессов проектирования и разработки программно-информационных систем.

Таблица 2.2.1 – Иерархия уровней оценки согласно модели стандарта SPICE

№ п/п	Уровни зрелости по нарастающей	Существо реализации процесса проектирования и разработки	Дифференциация	Примечания (пояснения, дополнения)
1.	0	<b>Процесс не выполняется</b>	<b>Вне рамок</b>	Рассматривается вне рамок стандарта
2.	1	<b>Выполняемый процесс</b>	<b>Низший уровень</b>	
3.	1.1	Измерение производительности процесса	Надстроечный к 1	
4.	2	<b>Управляемый процесс</b>		
5.	2.1	Управление производительностью	Промежуточный	
6.	2.2	Управление созданием продуктов, систем	Промежуточный	
7.	3	<b>Установленный процесс</b>		Наиболее распространенный вариант
8.	3.1	Документирование процесса	Промежуточный	
9.	3.2	Отслеживание ресурсов процесса	Промежуточный	
10.	4	<b>Предсказуемый процесс</b>		Наиболее распространенный вариант
11.	4.1	Измерение процесса	Промежуточный	
12.	4.2	Управление процессом	Промежуточный	
13.	5	<b>Оптимизирующий процесс</b>		
14.	5.1	Изменение процесса	Промежуточный	
15.	5.2	Постоянное совершенствование	<b>Высший уровень</b>	

Стандарт SPICE предоставляется более эффективным средством обеспечения качества ПАК Data-центров чем стандарт ISO 9001. В частности, он обеспечивает значительно более полный арсенал средств совершенствования качества и улучшения процессов проектирования и разработки программно-информационных систем нежели ISO 9001, в силу чего в интересах улучшения качества и совершенствования процессов проектирования и создания ПАК Data-центров целесообразней применять именно SPICE. Такой вариант даст возможность существенно усовершенствовать процессы создания ПАК Data-центров, и в дальнейшем добиться сертификации по ISO 9001. Результаты сравнительного анализа стандартов SPICE и ISO 9001 показан на Рисунке 2.2.2.

		<i>Количественная оценка приоритетности (%)</i>					
<i>SPICE</i>	Объемный и подробный документ	<b>60</b>	<b>40</b>	Краткий документ	<i>ISO9001</i>		
	Детальная модель	<b>70</b>	<b>30</b>	Абстрактная модель			
	Улучшение процесса и определение возможностей	<b>90</b>	<b>10</b>	Только сертификация			
	Шесть уровней возможностей процессов	<b>80</b>	<b>20</b>	Сертификация/отказ			
	Требования к оценке процесса, руководство по применению	<b>60</b>	<b>40</b>	Только модель			
	Дополняет ISO 9001	<b>50</b>	<b>50</b>	Может быть детализирован с помощью SPICE			
<b>ПАК Data-центра</b>		<i>Процесс проектирования и разработки</i>				<b>ПАК Data-центра</b>	

Рисунок 2.2.2 – Результаты сравнительного анализа приоритетности в использовании моделей качества существующих стандартов при проектировании ПАК Data-центров

Таким образом, в качестве основы для описания желаемой системы требований к ПАК Data-центров избраны квалиметрические модели СММ и SPICE, нормативно и организационно обобщаемые стандартом ISO 9001. На указанной основе сформирована базисная совокупность требований к указанным ПАК.

### 2.2.2. Обоснование структуры совокупности требований к ПАК Data-центров

Выше приведенное обоснование теоретической основы для синтеза базисной совокупности требований к ПАК Data-центров позволяет осуществить разработку обобщенной структуры групп требований. Облик требуемой программной и аппаратной архитектуры, функциональности и документации указанного ПАК может быть адекватно представлен путем выполнения четырнадцати основных групп требований. Указанные группы могут предусматривать в своем составе подгруппы и отдельные требования. К таковым четырнадцати группам необходимо отнести следующие:

1. требования к составу ПАК Data-центра;
2. требования к назначению (по предназначению) ПАК Data-центра;
3. требования к эргономике и технической эстетике ПАК;
4. требования к надежности ПАК Data-центра;
5. требования к эксплуатации, удобству технического обслуживания, ремонту и хранения ПАК Data-центра;
6. требования к безопасности информации в ПАК Data-центра ;
7. требования к стандартизации и унификации ПАК Data-центра;
8. требования к технологичности ПАК Data-центра;
9. требования к составу функциональных задач ПАК Data-центра;
10. требования к организации информационных ресурсов ПАК Data-центра;
11. требования к временным характеристикам автоматизированного выполнения функций ПАК Data-центра;
12. требования к видам обеспечения;
13. требования к документации на ПАК и проведению его испытаний;
14. технико-экономические требования к ПАК Data-центра.

Конкретизация и смысловая декомпозиция выше приведенных групп требований дает возможность наглядно представить всё существо базисной совокупности требований к формированию программно-аппаратных комплексов центров обработки и хранения данных.

Требования к составу ПАК Data-центра описывают состав и основные составные части создаваемого комплекса. Отдельно могут быть конкретизированы требования к составу каждой из составных частей. В частности, могут быть предъявлены конкретизированные требования к составу:

- аппаратной платформы и сетевого окружения;
- специального (прикладного) математического и программного обеспечения;
- информационного и лингвистического обеспечения;
- конструкторской (в т.ч. рабочей), программной и эксплуатационной документации.

Уровень детализации состава в рамках базисной совокупности требований к формированию программно-аппаратных комплексов центров обработки и хранения данных предполагается лишь обобщенно-концептуальный, так как более конкретная детализация происходит при подготовке актуального технического задания на ПАК Data-центра или уже в процессе его проектирования, формирования.

Требования к назначению (по предназначению) ПАК Data-центра описывают функциональный облик создаваемого программно-аппаратного комплекса. Данный раздел базисной совокупности требований к формированию программно-аппаратных комплексов центров обработки и хранения данных является самым емким и, по существу, задает прикладные цели синтеза указанного ПАК как системы. Требования по назначению по определению не могут быть строго прописаны и детализированы. Они описывают, как правило, конечные функциональные цели проектирования, формирования и создания ПАК Data-центра. Реализация требований по предназначению ПАК Data-центра предусматривают необходимость их моделирования в ходе проектирования с целью уточнения и корректировки начальных задач проектирования, определяемых данной группой требований. На Рисунке 2.2.3. показано существо процесса корректировки начальной задачи проектирования ПАК Data-центра, определяемой требованиями к назначению.



Требования к эргономике и технической эстетике ПАК Data-центра определяют облик проектируемого комплекса как системы «человек-машина». При этом этот раздел базисной совокупности требований к формированию программно-аппаратных комплексов центров обработки и хранения данных описывает требования не только к аппаратным средствам, но и требования к пользовательским интерфейсам программных сред, типовым формам выдачи информации из баз данных и пр.

Требования к надежности ПАК Data-центра прописывают подход к обеспечению характеристик безотказной работы и ремонтпригодности. При этом оговариваются способы достижения указанных характеристик как для аппаратной платформы, так и для программных средств ПАК. Могут отдельно определяться численные параметры обеспечиваемой глубины тестирования отдельных программных средств, предельных значений надежности при компоновке много модульных структур и пр.



Рисунок 2.2.3 – Схема процесса корректуры задачи проектирования ПАК Data-центра, определяемой группой требований к назначению

Требования к эксплуатации, удобству технического обслуживания, ремонта и хранения ПАК Data-центра описывают принципы организации и системологический подход к проектированию жизненного цикла создаваемого комплекса. Этот раздел базисной совокупности требований к формированию программно-аппаратных комплексов центров обработки и хранения данных является, в достаточной мере, ориентировочным, так как на практике его содержание в большей степени определяется не теоретическими подходами классической квалиметрии, а эмпирическим опытом, характерным для узкой предметной области создания и внедрения ПАК Data-центра.

Требования к безопасности информации в ПАК Data-центра в современных условиях являются одними из наиболее важных требований, которые могут быть предъявлены к любой информационной системе или комплексу. Целью защиты информации в ПАК Data-центра являются:

- предотвращение утечки по техническим каналам конфиденциальной (специальной технологической, служебной, ограниченного распространения, «Для служебного пользования» и пр.) и секретной информации – далее «закрытой» информации;

- предотвращение хищения, несанкционированного уничтожения, искажения, модификации и блокирования обрабатываемой информации.

Совокупность организационных и технических мероприятий по обеспечению защиты информации реализуется путем:

- предотвращения утечки обрабатываемой информации за счет побочных электромагнитных излучений и наводок, по цепям электропитания и заземления;

- исключения несанкционированного доступа к обрабатываемой и хранящейся в технических средствах ПАК Data-центра закрытой информации;

- предотвращения специальных программно-технических воздействий, вызывающих разрушение, уничтожение, искажение информации.

Опасными, для хранимых в ПАК Data-центра данных, являются:

1. целенаправленные и преднамеренные действия специальных служб, технических средств разведок различных стран, а так же организаций промышленного шпионажа по перехвату техническими средствами закрытой информации;

2. целенаправленные и преднамеренные действия специальных служб, технических средств разведок различных стран, а так же организаций промышленного шпионажа по реализации воздействий вызывающих разрушение, уничтожение, искажение информации;

Такого рода каналы утечки закрытой информации должны блокироваться проведением организационно-режимных мероприятий в Data-центре.

Реализация защиты информации в ПАК Data-центра обеспечивается следующей совокупностью организационных и технических мероприятий:

1. Организационные мероприятия:

— персонификация ответственности: назначение руководителей работ, ответственных за организацию работ и составление списка лиц допущенных к данной работе.

— ограничение и учет допуска лиц к работе с охраняемыми данными и в помещения, где производится обработка защищаемой информации в соответствии с действующей разрешительной системой;

— обсуждение информации, содержащей охраняемые сведения, в выделенных помещениях, аттестованных на соответствие требованиям по безопасности информации;

— автоматизированная обработка информации на автоматизированных рабочих местах, аттестованных на соответствие требованиям по безопасности информации;

— приостановление работы с защищаемыми сведениями при получении оповещения о возможном ведении промышленного шпионажа или технической разведки.

2. Технические мероприятия:

- применение сертифицированных средств защиты информации в ПАК Data-центра;
- применение в ПАК Data-центра сертифицированных технических средств обработки и хранения информации, либо технических средств, прошедших специальные исследования и имеющие предписания на эксплуатацию;
- применение в ПАК Data-центра сертифицированного программного обеспечения;
- использование средств физической защиты для исключения несанкционированного доступа к защищаемым сведениям и техническим средствам;
- маскирующее зашумление побочных электромагнитных излучений и наводок информативных сигналов;
- конструктивные доработки технических средств ПАК Data-центра и помещений, где они расположены, в целях локализации возможных каналов утечки информации;
- периодическая проверка технических средств ПАК Data-центра на отсутствие паразитной генерации («шпионских закладок», «жучков» и пр.) их элементов;
- создание отдельных, внутренних для Data-центра сетей связи и передачи данных с учетом максимального затруднения доступа к ним посторонних лиц;
- обеспечение необходимой звуко- и виброизоляции выделенных помещений (серверных);
- зашумление акустических и вибрационных информативных сигналов;
- организация охраны и использование средств физической защиты ПАК Data-центра, исключающих несанкционированный доступ к объектам защиты и техническим средствам, их хищение и нарушение работоспособности;
- проверка выделенных помещений на отсутствие в них электронных устройств перехвата информации ("закладок");
- проверка импортных технических средств перед введением в эксплуатацию ПАК Data-центра на отсутствие в них электронных устройств перехвата информации.

Периодически в Data-центре должен проводиться контроль эффективности мероприятий по защите информации. Как правило, в ходе контроля проверяются:

- знание лицами, допущенными к работе с ПАК Data-центра требований руководящих и нормативно-технических документов, своевременность и полноту их выполнения;
- эффективность применения организационных мероприятий по защите от средств промышленного шпионажа и разведки;
- эффективность применяемых на объектах ПАК Data-центра технических мероприятий по защите информации от её утечки по техническим каналам;
- устранение ранее выявленных недостатков.

Требования к стандартизации и унификации ПАК Data-центра определяют общие подходы к обеспечению единства государственной политики в области каталогизации и учета создаваемых технических средств, и систем, организации комплектации изделия и обеспечения его совместимости с внешними взаимодействующими комплексами и информационными системами.

Требования к технологичности ПАК Data-центра в рамках базисной совокупности требований к формированию программно-аппаратных комплексов центров обработки и хранения данных определяют тот срез актуальных и передовых аппаратно-технических и программно-информационных технологий, на которые должен ориентироваться проектант комплекса. Тем самым задается технологический уровень реализации такого ПАК.

Требования к составу функциональных задач и требования к организации информационных ресурсов ПАК Data-центра по существу определяют общую конфигурацию программно-информационной реализации частных задач функционала комплекса.

Требования к временным характеристикам автоматизированного выполнения функций ПАК Data-центра задают конкретные временные параметры реагирования вычислительной системы ПАК, реализации отдельных функций,

время восстановления после сбоя и пр. Эта группа требований является наиболее строгой и объективно измеримой при оценке качества.

Группа требований к видам обеспечения традиционно для таких сложных программных систем как ПАК Data-центра в себя включает следующие подгруппы:

- требования к метрологическому обеспечению;
- требования к диагностическому обеспечению;
- требования к специальному математическому обеспечению;
- требования к общесистемному программному обеспечению;
- требования к информационному и лингвистическому обеспечению;
- требования к методическому обеспечению;
- требования к организационному обеспечению;
- и пр.

В зависимости от специфики проектируемого ПАК Data-центра может выделяться различная номенклатура видов обеспечения и глубина описания требований к ним.

Требования к документации на ПАК и проведению его испытаний регламентируют все аспекты документирования процесса создания комплекса, как для этапов разработки и проектирования (конструкторская, программная, рабочая документация), так и для этапов испытаний и эксплуатации (эксплуатационная документация). Данная группа требований раскрывается со ссылкой на ГОСТ ЕСКД, ГОСТ ЕСПД и другие нормативно-технические документы, регламентирующие создание технической документации в нашей стране.

Вопросы объема и глубины испытаний создаваемого ПАК Data-центра в рамках базисной совокупности требований к формированию программно-аппаратных комплексов центров обработки и хранения данных описываются схематично. Предполагается, что при разработке конкретизированного технического задания по текущему ПАК Data-центра данный раздел раскрывается с использованием соответствующих руководящих документов отраслевого характера, стандартов предприятий и пр.

Технико-экономические требования к ПАК Data-центра – это заключительный раздел базисной совокупности требований к формированию программно-аппаратных комплексов центров обработки и хранения цифровых данных, который оговаривает вопросы:

- возможности и стоимости обеспечения заданных значений гарантийного срока эксплуатации на основании анализа показателей ремонтпригодности, долговечности и сохраняемости проектируемой реализации ПАК;
- оценки стоимости выполнения работ, направленных на поддержание технических средств КСА ПАК Data-центра в работоспособном состоянии;
- оценки объема работ и затрат на профилактические регламентные работы (календарное обслуживание);
- оценки объема и стоимости пополняемых материалов и принадлежностей, необходимых для эксплуатации ПАК, объема запасных имущества и принадлежностей;
- рекомендаций по составу специалистов технического обслуживания;
- определения гарантийный срок эксплуатации для ПАК Data-центра в целом и отдельных его составных частей;
- оценки затрат на все основные этапы жизненного цикла ПАК Data-центра.

Таким образом, базисная совокупность требований к формированию программно-аппаратных комплексов центров обработки и хранения данных представляет собой некоторое исходное, не релевантное, слабо структурированное множество требований к качеству разработки и построения ПАК Data-центров, которое может быть использовано как базовая основа для ускоренной конкретизации, при разработке технического задания на создание указанного центра. По существу, выше обоснованная совокупность требований выступает как элемент модели исследования требуемого качества реализации функций ПАК Data-центра, которая схематично показана на Рисунке 2.2.4. Указанная модель является, во многом, более общей (согласно принципов системного подхода) моделью к научным результатам работы и в их состав не входит.

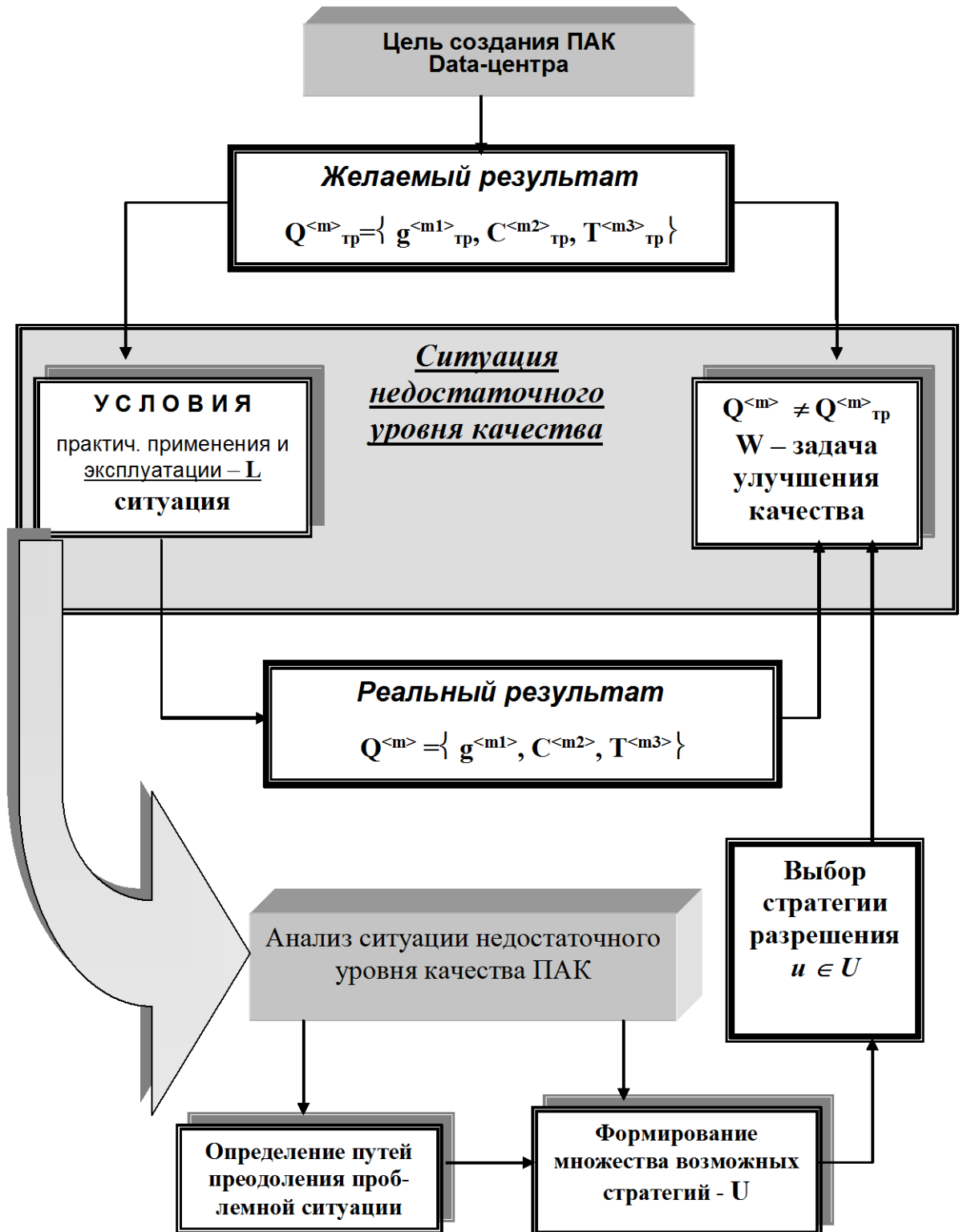


Рисунок 2.2.4 – Схема исследования требуемого качества реализации функций ПАК Data-центра



В рамках такой модели, базисная совокупность требований к формированию программно-аппаратных комплексов центров обработки и хранения данных задает триаду, характеризующую идеально-требуемое (первоначально ожидаемое, требуемое) качество указанного ПАК Data-центра:

$$Q^{<m>}_{mp} = \{ g^{<m1>}_{mp}, C^{<m2>}_{mp}, T^{<m3>}_{mp} \} \quad (2.2.1)$$

где:

$Q^{<m>}_{mp}$  - требуемый уровень качества по интегральному показателю, определяемый применительно  $m$  прикладным и сервисным функциям ПАК;

$g^{<m1>}_{mp}$  - требуемый уровень качества по сводному показателю, определяемому применительно к  $m1$  программным и информационным функциям;

$C^{<m2>}_{mp}$  - требуемый уровень качества по сводному показателю, определяемому применительно к  $m2$  функциям аппаратной платформы;

$T^{<m3>}_{mp}$  - требуемый уровень качества по сводному показателю, определяемому применительно к  $m3$  функциям телекоммуникационного характера.

При этом постулируется, что выполняется соотношение:

$$m = m1 + m2 + m3. \quad (2.2.2)$$

Однако, уже в процессе допроектной разработки – при выработке технического задания на ПАК Data-центра, при учете реальных условий практического применения и эксплуатации разрабатываемого комплекса, констатируется, что указанное качество представляется триадой:

$$Q^{<m>} = \{ g^{<m1>}, C^{<m2>}, T^{<m3>} \} \quad (2.2.3)$$

где:

$Q^{<m>}$  - реальный уровень качества по интегральному показателю, определяемый применительно  $m$  прикладным и сервисным функциям ПАК;

$g^{<m1>}$  - реальный уровень качества по сводному показателю, определяемому применительно к  $m1$  программным и информационным функциям;

$C^{<m2>}$  - реальный уровень качества по сводному показателю, определяемому применительно к  $m2$  функциям аппаратной платформы;

$T^{<m3>}$  - реальный уровень качества по сводному показателю, определяемому применительно к  $m3$  функциям телекоммуникационного характера.

Тогда задача улучшения качества идентифицируется, как установление принципиального неравенства:

$$Q^{<m>} \neq Q_{mp}^{<m>} \quad (2.2.4)$$

Факт указанной идентификации по сути предписывает необходимость анализа причин возникновения ситуации недостаточного уровня качества и выработки стратегии их преодоления. Предлагаемая базисная совокупность требований к формированию программно-аппаратных комплексов центров обработки и хранения данных выступает как средство оперативного обеспечения начального (минимально необходимого) уровня такого качества, а так же как «катализатор» выше описанного исследования требуемого качества реализации функций ПАК Data-центра.

Описанная структура базисной совокупности требований к формированию программно-аппаратных комплексов центров обработки и хранения цифровых данных и концептуальная модель его применения в процессе проектирования, формирования ПАК Data-центра не являются исчерпывающими. Группы выше описанных требований могут детализоваться до сколь угодно точных и узко специальных требований. В ходе диссертационного исследования такие требования были детализированы до уровня наиболее устойчивых требований, определяемых как существующей практикой создания ПАК Data-центров в нашей стране, так и результатами анализа соответствующих международных стандартов, ГОСТов и других руководящих, нормативно-технических документов. Результаты такой детализации приведены в Приложении Б. Представленный в этом приложении базисный перечень требований и рассматривается, как итоговое заключение предлагаемого второго научного результата.

### **2.3. Направления использования научно-методических средств оценки качества ПАК центров обработки и хранения данных**

Рассмотренные в п.2.1. метод оценки качества программно-аппаратных комплексов центров обработки и хранения данных (Data-центров) и в п.2.2. базисная совокупность требований к указанным центрам образуют взаимно увязанный логически инструментарий для разработки технических заданий на оговоренные ПАКи, задания квалиметрических метрик оценки параметров таких комплексов и пр. Указанные научно-методические средства оценки качества ПАК Data-центров в своей совокупности позволяют добиться:

1) роста эффективности процессов синтеза технических заданий, проектирования, формирования и реализации программно-аппаратных комплексов центров обработки и хранения цифровых данных;

2) управления процессом задания требуемого уровня качества проектируемых и создаваемых ПАК Data-центров;

3) реализации возможности объективизированной оценки недостатков проектов и готовых реализаций ПАК Data-центров, как финишных предписаний в адрес организаций-эксплуатантов их учета в дальнейшей работе с ПАК;

4) повышения обоснованности инженерно-проектных решений по созданию ПАК Data-центров, а как следствие, роста уровня информатизации органов государственного и корпоративного управления на передовых научно-технологических принципах.

Выше описанные метод и дополняющая его базисная совокупность требований обобщены до уровня научно-методического средства, что дает потенциал их применять для:

- поддержки решений инженеров-системотехников, инженеров-программистов при задании требований, проектировании и формировании программно-аппаратных комплексов центров обработки и хранения данных (Data-Центров);

- систематизации и предания целевого характера работы государственных и корпоративных органов управления, ответственных за информатизацию и развитие информационно-телекоммуникационной инфраструктуры страны, преодоления проблемы больших данных (*Big Data*)
- развития системы ГОСТ ЕСПД в части ПО для ПАК Data-центров;
- перспективных научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по развитию сети ПАК Data-центров в Российской Федерации;
- выработки технических заданий на распределенные системы хостинг-услуг для Data-центров, соответствующее ПО и его отдельные виды, а так же определяющей этот процесс нормативной документации в нашей стране.

В своей совокупности метод и дополняющая его базисная совокупность требований выступают прежде всего, как средства избегания крупных (грубых) аномалий качества ПАК Data-центров при их проектировании и создании. Они могут выступать как некоторый опорный эталон для поиска аномалий качества формируемого ПАК, с целью дальнейшего их устранения и улучшения искомого качества. На Рисунке 2.3.1. приведена логическая схема анализа и устранения аномалий качества ПАК Data-центров для определения дальнейших путей его совершенствования. По существу, данная схема представляет собой логическую последовательность действий, которая опирается в своей реализации на использование разработанного метода оценки качества и дополняющую его базисную совокупность требований.

При этом необходимо отметить, что указанные научно-методические средства хотя логически взаимосвязаны, но обладают самостоятельным характером и являются отдельными научными результатами (положениями выносимыми на защиту). Их практическое использование при проектировании и формировании ПАК Data-центров взаимно сопрягаемо.

Перспективность применения метода оценки ПАК Data-центров и дополняющей его базисной совокупности требований определяется развитием номенклатуры учитываемых требований, применением более строгих

математических форм интегральных и сводных критериев качества, развитием математического аппарата и пр.

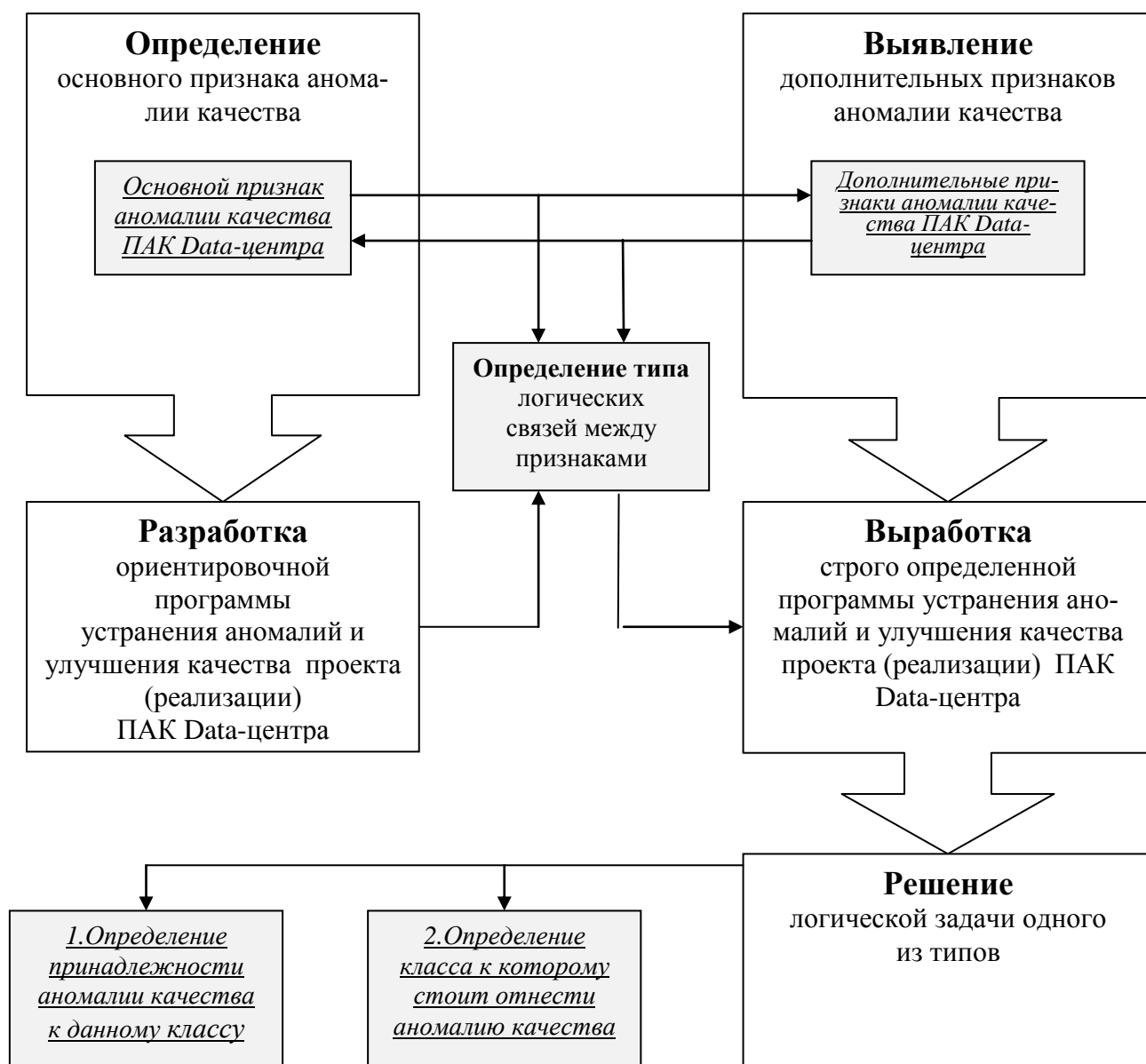


Рисунок 2.3.1 – Логическая схема анализа и устранения аномалий качества ПАК Data-центров

Таким образом, разработанные квалиметрические средства, такие как: метод оценки качества программно-аппаратных комплексов центров обработки и хранения данных (Data-центров) и дополняющая его базисная совокупность требований к формированию указанных комплексов, являются научно-

методическим инструментарием задания первичного образа требуемого качества таковых ПАК, дающим возможность избегать , а при необходимости выявлять и устранять, грубые аномалии этого качества, т.е. являются самостоятельными логическими обобщениями, каждое из которых содержит конструктивную модель объекта исследования. Они обладают необходимым уровнем оригинальности (новизны) в представлении описываемых технических и технологических процессов квалитрического характера, а значит, могут рассматриваться как полноценные научно-технические результаты.

## 2.4. Выводы по 2 главе

1. Метод оценки качества программно-аппаратных комплексов центров обработки и хранения данных (Data-центров) включает в себя три основных укрупненных этапа: синтеза иерархии показателей оценки качества, взвешивания указанной иерархии, определения формы и расчета значений показателей оценки. Этот метод позволяет на базе экспертизы получить значения оценок по элементарным показателям анализируемого ПАК Data-центра, а далее произвести расчёт значений интегрального и соответствующих сводных квалиметрических показателей. Сводные показатели дают возможность оперативно сравнивать конкурирующие проекты и реализации искомых комплексов; детализация же сводных показателей на более простые (вплоть, до элементарных – т.е. непосредственно измеряемых или оцениваемых) дает возможность выявлять аномалии качества анализируемых ПАК Data-центра.

2. Обосновано с учетом исходных ограничений, что математическая форма линейной аддитивной свертки сводных и интегрального показателей в иерархической сети оценки качества ПАК для Data-центров является оптимальной. Она требует учета различной важности или веса более простых показателей в составе агрегируемых более сложных сводных показателей.

3. Процесс проведения оценки качества ПАК для Data-центра, как совокупность подпроцессов подготовки экспертных данных и проведения расчета сводных, интегрального показателей носит итеративный характер. Итеративность вызвана необходимостью адаптации или «настройки» иерархической сети показателей оценки качества ПАК для Data-центров для обеспечения репрезентативности получаемого заключения о достигнутом уровне качества.

4. Метод оценки качества программно-аппаратных комплексов центров обработки и хранения данных (Data-центров) является системологическим средством организации указанной оценки. Конкретное наполнение сети показателей реальной номенклатурой требований не входит в рамки данного метода, т.к. в силу сложности объекта оценки и потребностей в нем, указанная номенк-

латура может испытывать постоянные усовершенствования и изменения в зависимости от специфики применения ПАК Data-центра. Разработанный метод логически увязывается с базисной совокупностью требований к формированию программно-аппаратных комплексов центров обработки и хранения данных, которая может быть принята за основу при конкретизации выше указанной номенклатуры требований. В качестве основы для описания базисной совокупности требований к указанным ПАК Data-центрам избраны квалиметрические модели CMM и SPICE, нормативно и организационно обобщаемые стандартом ISO 9001.

5. Базисная совокупность требований к формированию программно-аппаратных комплексов центров обработки и хранения данных представляет собой обоснованную и систематизированную систему требований, которая отражает общие и ряд устойчивых специфических потребностей в ПАК для Data-центров. Она может выступать в качестве методической основы для разработки уточненных технических заданий в каждом конкретном случае проектирования и создания Data-центра. Предлагаемая базисная совокупность требований выступает как средство оперативного обеспечения начального (минимально необходимого) уровня программного и технологического качества, а так же как «катализатор» процессов контроля требуемого качества реализации функций ПАК Data-центра.

6. Облик требуемой программной и аппаратной архитектуры, функциональности и документации указанного ПАК может быть адекватно и представительно спроектирован, реализован путем выполнения четырнадцати основных групп требований. Указанные группы могут предусматривать в своем составе подгруппы и отдельные требования. Указанные группы требований раскрыты и детализированы.

7. Разработанные во второй главе диссертационного исследования квалиметрические средства, такие как: метод оценки качества программно-аппаратных комплексов центров обработки и хранения данных (Data-центров) и дополняющая его базисная совокупность требований к формированию указан-



ных комплексов, являются научно-методическим инструментарием задания первичного образа требуемого качества таковых ПАК, дающим возможность избегать , а при необходимости выявлять и устранять, грубые аномалии этого качества, т.е. являются самостоятельными логическими обобщениями, каждое из которых содержит конструктивную модель объекта исследования. В своей совокупности метод и дополняющая его базисная совокупность требований выступают прежде всего, как средства избегания крупных (грубых) аномалий качества ПАК Data-центров при их проектировании и создании. Они обладают необходимым уровнем оригинальности (новизны) в представлении описываемых технических и технологических процессов квалитетического характера, а значит, могут рассматриваться как полноценные научно-технические результаты.

## **Глава 3. Научно-методические средства улучшения качества программно-аппаратных комплексов центров хранения и обработки данных**

### **3.1. Модель повышения результативности облачных вычислений за счет использования динамических программных библиотек и сервисов прикладного функционала**

Модель повышения результативности облачных вычислений за счет использования динамических программных библиотек и сервисов прикладного функционала, как самостоятельный научный результат, включает в себя следующие составляющие части:

- подмодель формирования сетевого сервиса на базе библиотеки программных функций или других программных компонент в сети ПАК Data-центров;
- подмодель разработки и сопровождения библиотек прикладных функций и программных компонент;
- практические рекомендации по повышению результативности облачных вычислений за счет применения динамических программных библиотек и сервисов прикладного функционала.

Детализация приведенных выше составляющих частей позволяет раскрыть содержание модели в целом.

#### **3.1.1. Представление прикладного функционала в виде динамических программных библиотек и сетевых сервисов**

Широкая опора информационно-коммуникационной инфраструктуры органов государственного и муниципального управления (в т.ч. Internet-инфраструктуры) на программно-аппаратные комплексы центров обработки и хранения данных (Data-центров) ведет не только к экстенсивному наращиванию их возможностей по предоставлению хостинг-услуг и ресурсов для хране-

ния цифровых данных, но и к качественному росту возможностей удаленной обработки данных пользователей. Развитие принципов потоковой обработки данных и технологий облачных вычислений при преодолении проблематики Big Data, всеохватывающее использование сервисориентированной архитектуры (SOA) при разработке прикладного программного обеспечения ведет к тому, что на базе ПАК Data-центров создаются мощные динамически подключаемые сервисные службы в интересах различных групп пользователей. Развития технология т.н. «облачных» вычислений позволяет пользователям и разработчикам не заниматься самостоятельной разработкой программного кода требуемой функциональности, а получать соответствующие логико-математические услуги удаленно. В свою очередь, это приводит к формированию на базе ПАК Data-центров сложной программно-информационной инфраструктуры поддержания и обеспечения доступности указанных сервисов. Обобщенно функционал такой инфраструктуры для современного ПАК Data-центра можно обобщенно представить в виде схемы на Рисунке 3.1.1.

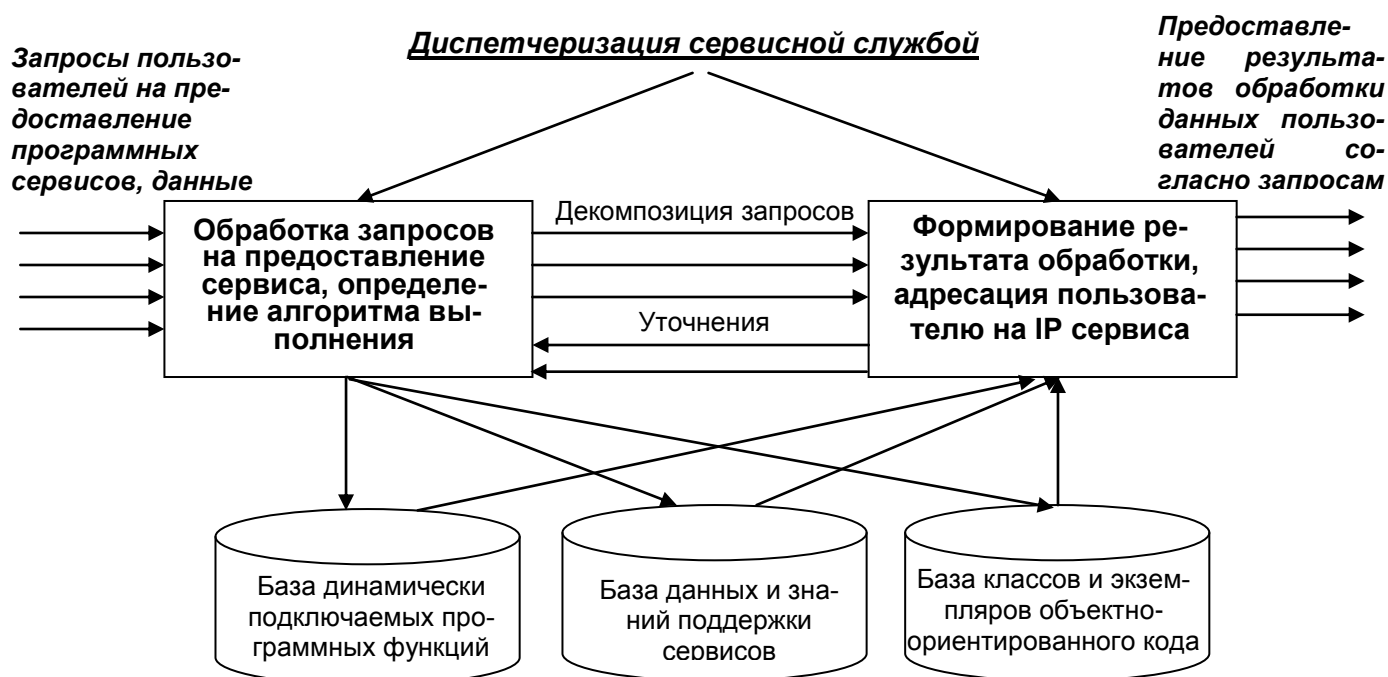


Рисунок 3.1.1 – Обобщенная схема функционирования службы программных сервисов на базе ПАК Data-центров

Учитывая, что современные ПАК Data-центров, обеспечивающих работу органов государственного и корпоративного управления, логико-информационно связываются в различные сети интегрального обслуживания и обработки данных, то результативность и эффективность всей совокупности используемых программных сервисов определяется не только качеством их реализации на каждом из центров обработки и хранения данных, но и организацией их взаимодействия в указанных сетях. Согласно схемы приведенной на Рисунке 1.2.2. сетевое связывание ПАК Data-центров осуществляется на различных уровнях государственного и корпоративного управления, с учетом статуса и масштаба самого центра. Топология такого связывания и обобщенная структура сети ПАК Data-центров приведена на Рисунке 3.1.2.

В частности, на указанном рисунке ПАК Data-центров  $S_{ij}$  являются территориальными (корпоративными) элементами,  $S_i$  – региональными,  $C_k$  – федеральными элементами сети информационной поддержки органов государственного и корпоративного управления. Весьма часто ведомственные Data-центры по отдельным аспектам деятельности координируются информационными системами  $F_l$  органов управления при Правительстве РФ. Количество ПАК Data-центров каждого уровня существенно зависит от структуры органов государственного и корпоративного управления. Традиционное количество ПАК Data-центров типа  $F_l$  - 13...28, типа  $C_k$  - 120...250; типа  $S_i$  (ПАК Data-центров регионального уровня) - 90...150, типа  $S_{ij}$  (уровень «корпоративный», «муниципальный», «территориальный») - несколько десятков тысяч. При этом подразумевается, что каждый конкретный ПАК Data-центра взаимодействует и на своем уровне государственного или корпоративного управления, на базе облачных технологий, так и с вышестоящими ПАК, как правило, в рамках иерархической структуры. ПАК Data-центров типа  $F_l$  традиционно осуществляют информационное взаимодействие с нарушением правил иерархии.

Представленная сложность физической и виртуальной топологии сетей ПАК Data-центров при реализации удаленной обработки информации для орга-

нов государственного и корпоративного управления на основе облачных технологий предъявляет повышенные требования к качеству динамических программных библиотек и сетевых сервисов. Именно они определяют надежность, наукоемкий характер и эффективность удаленной обработки данных в сети ПАК Data-центров.

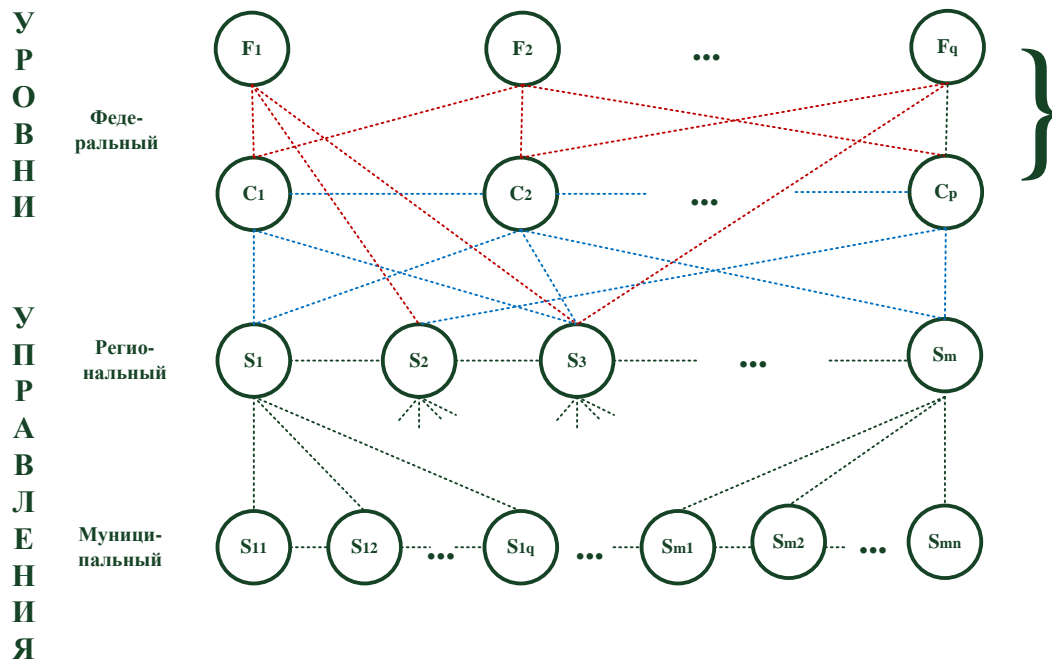


Рисунок 3.1.2 – Топология сети ПАК Data-центров

Идея разработки представления прикладного функционала для поддержки удаленной обработки данных на основе облачных технологий в виде динамических программных библиотек и сетевых сервисов для прикладных областей человеческих знаний различного уровня в настоящее время не вызывает сомнений. Это связано с тем, что подобные динамические библиотеки являются основой для эффективной наукоемкой обработки информации. Программные реализации функций, а так же классов объектов выступают элементами «конструктора», для быстрого, крупноблочного синтеза как сетевых сервисов, так и полноценных удаленных виртуальных серверов обработки информации. Так же, использование динамических библиотек функций и других видов программных компонент приводит к повышению надежности вновь организуемых систем удаленной обработки данных. Бурное развитие вычислительной техни-

ки, стремительное совершенствование программирования и скачкообразный рывок в сфере информационно-коммуникационных (т.н. облачных) технологий удаленной обработки данных не уменьшило потребности в динамически подключаемых библиотеках прикладных функций и других программных компонент, как в одном из основных механизмов решения наукоемких расчетных и логико-информационных задач. Эту потребность в случаях организации системы сетевых сервисов удаленного доступа для программного обеспечения с SOA-архитектурой на базе ПАК Data-центров традиционно удовлетворяют динамически подключаемые библиотеки математических, статистических, строковых и других функций, а так же базы программных компонент объектно-ориентированного кода, интеллектуализации интерфейса и пр. Но потребность в непосредственно программных реализациях функций, т.е. функциях реализующих, как правило, алгебраические формулы прикладных областей знаний, необходимых для поддержания сетевых сервисов той же тематики является на сегодняшний день неудовлетворенной. Появление все более новых методов программирования не снижают актуальности разработки, отладки и накопления библиотек прикладных функций, соответствующих баз программных компонент и сетевых сервисов. В частности, в получивших широкое развитие облачных технологиях удаленной обработки данных, парадигма которых основывается на использовании результатов обработки данных-запроса пользователя на удаленном сервисе, как некотором обработчике информации по одному алгоритму, функциональность которого, в свою очередь обеспечивается всё теми же прикладными программными компонентами на базе динамически подключаемых библиотек функций.

Таким образом, качество разработки, отладки и структурирования библиотек прикладных функций, соответствующих баз программных компонент и сетевых сервисов является одним из определяющих факторов качественного развития наукоемких услуг ПАК Data-центров на базе облачных технологий.

Непосредственное представление библиотек функций в программном коде еще со времен структурного программирования практически не изменилось: это набор исходных листингов на языке программирования высокого уровня и соот-

ветствующих исполняемых модулей, реализующих тематически связную совокупность математических, логических, предикатных и пр. функций по соответствующей предметной области. Стандарта на представление этих листингов и документации к ним не существует. Конкретная реализация библиотек зависит от текущих разработчиков. Нет на сегодняшний день и стандарта на представление и описание библиотек других программных компонент, используемых для организации сетевых сервисов, хотя в качестве такового выступает реализация динамически подключаемых библиотек, применяющаяся в профессиональных средах программирования.

Существующие ГОСТ на разработку программной продукции [11-22], не принято использовать при разработке библиотек функций, т.к. они, как правило, не являются конечным продуктом для потребителя, они используются внутри средств реализации сетевых сервисов в сетях ПАК и их отдельная стандартизация до сих пор не проведена. С другой стороны, применение общепринятого подхода к представлению динамически подключаемых библиотек функций, реализующих наукоемкие математические и другие логико-семантические зависимости прикладных областей знаний не всегда может быть оправдано. Это определяется сложностью большинства областей научных знаний. При этом текстовое описание подобных функций, используемое в документации к указанным библиотекам, далеко не всегда полно. А это значит, что оно не может считаться точным. Разработка корректных и качественных систем сетевых сервисов в сети ПАК Data-центров, строящихся на библиотеках прикладных функций и программных компонент, представленных выше описанным образом, не может быть правильным и признанным соответствующим передовым практикам софтверной индустрии.

Таким образом, эмпирически разработанные исходные листинги и документация не могут служить верифицированным и полным описанием для библиотек прикладных функций и программных компонент, используемых при реализации систем сервисов в сети ПАК Data-центров.

Перед разработчиками систем сервисов в сети ПАК Data-центров, использующими библиотеки функций и базы других программных компонент,

всегда остро стоит вопрос их начальной корректности, т.е. отсутствия ошибок программной реализации, соответствие заявленному назначению и т.д. Данная проблема может сниматься в большей мере организационными мерами, так и путем представления исходных кодов функций, где задача проверки корректности ложится на разработчиков, что требует определенных затрат времени. В настоящее время, именно предоставление исходных кодов, является общепринятым способом «гарантии» корректной программной реализации, так как только тестирование и визуальная проверка кодов может гарантировать корректную работу любой программной реализации будущего сетевого сервиса. Прикладным программным функциям присуща еще одна проблема: это нечеткость в описании области определения математической функции, которая конфликтует с требованием строгого описания области определения функции в программной реализации. Это приводит к огромному количеству ошибок, так как невозможно требовать от разработчиков программных сервисов в сети ПАК Data-центров существенных знаний по прикладным областям для которых такие сервисы и разворачиваются.

На основании выше описанного обоснования в ходе диссертационного исследования разработана двухуровневая модель формирования сетевого сервиса на базе библиотеки программных функций или других программных компонент в сети ПАК Data-центров. Она показана на Рисунке 3.1.3.

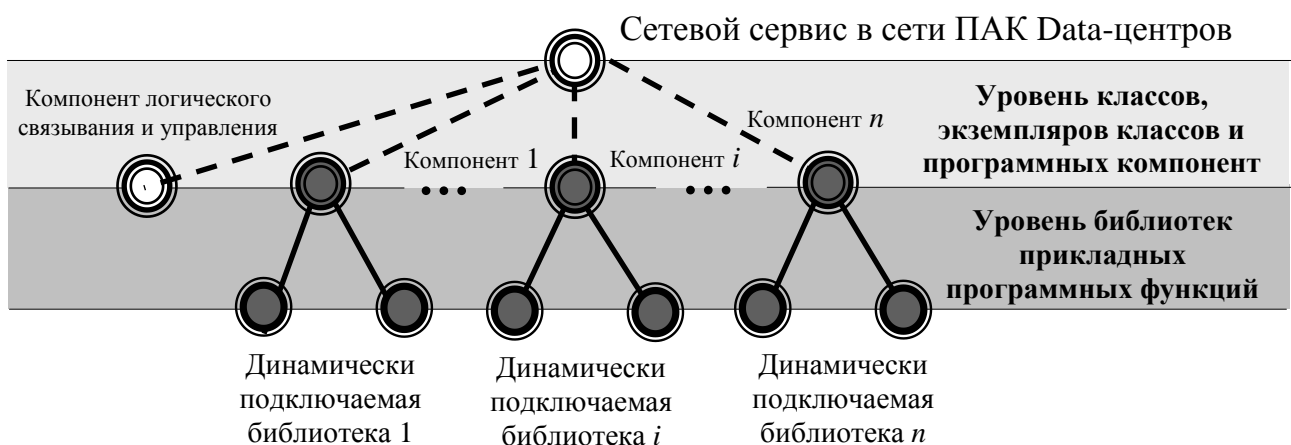


Рисунок 3.1.3 – Формирование сетевого сервиса на базе библиотеки программных функций и программных компонент в сети ПАК Data-центров



Эта модель является первой подмоделью для синтезируемой модели повышения результативности облачных вычислений за счет использования динамических программных библиотек и сервисов прикладного функционала.

Существо двухуровневой подмодели формирования сетевого сервиса в сети ПАК Data-центров заключается в том, что искомый сервис формируется полностью не на основе уникально разрабатываемого программного кода реализации заявленной функциональности (как это традиционно принято), а путем «крупноблочной» сборки из высоко верифицированных программных реализаций соответствующих функций. То есть, на первом уровне формируются и системно накапливаются отлаженные программные реализации программных функций в виде соответствующих динамически подключаемых библиотек, а на втором уровне на их базе быстро формируются необходимые классы и экземпляры классов (объекты) реализации требуемой функциональности. На базе этих классов и их экземпляров и реализуется полная функциональность сетевого сервиса в сети ПАК Data-центров. Очевидно, что системное накопление и верификация динамически подключаемых библиотек программных функций – основа высокотехнологичной и эффективной организации сетевых сервисов, а как следствие, и лучшего качества реализации облачных технологий (вычислений) в сети ПАК Data-центров. Конструктив этой частной модели заключается в том, что она позволяет эффективно использовать ранее разработанный и уже верифицированный программный код в создании новых сетевых сервисов. Именно это позволяет добиться роста их надежности, экономичности создания и технологичности, а как следствие результативности всех облачных вычислений в сетях указанных ПАК.

Двухуровневая модель формирования сетевого сервиса на базе библиотеки программных функций или других программных компонент в сети ПАК Data-центров показывает базисный характер качества исходных библиотек, которые ложатся в основу организуемых сетевых сервисов. Опираясь на этот факт, становится возможным предложить общую структуру модели разработки и сопровождения библиотек прикладных функций и программных компонент -

вторую подмодель синтезируемой модели повышения результативности облачных вычислений за счет использования динамических программных библиотек и сервисов прикладного функционала. Она представлена на Рисунке 3.1.4.

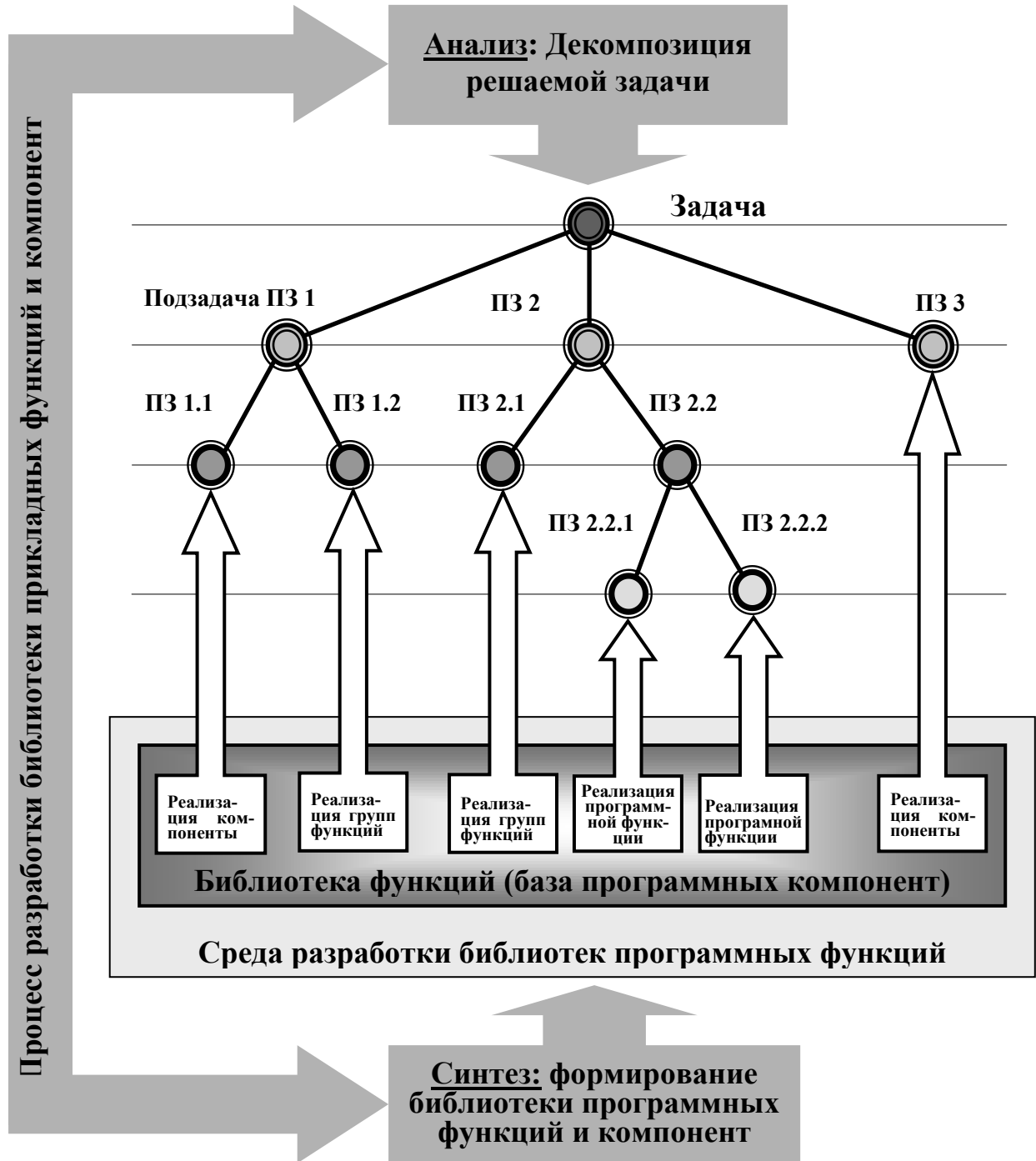


Рисунок 3.1.4 – Логическая структура разработки и сопровождения библиотек прикладных функций и программных компонент для систем сервисов

Существо подмодели разработки и сопровождения библиотек прикладных функций и программных компонент заключается в сочетании процедур объектно-ориентированного анализа различных решаемых прикладных задач на предмет декомпозиции этих задач до набора реализуемых математических, логических, лингвистическо-предикатных и пр. функций, с процедурами синтеза программного кода, реализующего указанные функции в контексте и при ограничениях решаемой прикладной задачи. Это позволяет системно структурировать и накапливать динамически подключаемые библиотеки различной тематики и применять их в рамках ранее рассмотренной подмодели двухуровневой модели формирования сетевого сервиса в сети ПАК Data-центров. При этом предполагается уровней формализации информации в процессе программирования, как это показано в Таблице 3.1.1.

Таблица 3.1.1 – Изменение уровней формализации информации в процессе программирования [8]

Этапы разработки программного средства	Язык	Логика
Отображение замысла объекта в его концептуальную модель	Естественный язык	Диалектическая
Отображение концептуальной модели в формальную модель	Естественный язык	Формальная
Отображение формальной модели в математическую модель	Язык математики	Математическая
Отображение математической модели в алгоритм	Язык алгоритмов	
Отображение алгоритма в программу на алгоритмическом языке	Язык программирования	

В рамках данной подмодели предполагается, что разработка и сопровождения библиотек прикладных функций и программных компонент осуществляется в рамках объектно-ориентированной парадигмы создания ПО. При этом анализ, проектирование и программирование визуальных библиотек прикладных функций выполняется с использованием визуальных средств унифицированного языка моделирования UML. Отличительной особенностью данного подхода является создание в процессе анализа и проектирования визуальных моделей разрабатываемого программного продукта на языке UML, которые об-

ладают высокой семантической насыщенностью. Подобный подход, в общем случае, повышает степень информационного наполнения проектирования, что особенно важно при разработке сложных программных сервисов в сети ПАК Data-центров, а также позволяет уменьшить количество бумажной документации, необходимой для работы с указанными библиотеками.

К моменту начала создания разработчики должны наиболее полно изучить требования, выдвигаемые к создаваемой библиотеке функций или компонент в частности, и к системе сервисов в сети ПАК Data-центров, в целом. В течении достаточно длительного времени в процессе как объектно-ориентированной, так и традиционной разработки программного обеспечения применялись типичные сценарии, позволяющие лучше понять указанные требования. Однако эти сценарии обычно трактовались весьма неформально – их почти всегда использовали, но редко документировали. Эта ситуация была изменена в методе Objectory в UML [90]. Сценариям, которые в нем стали называть вариантами использования, была придана такая значимость, что, они превратились в один из основных элементов анализа и планирования разработки библиотек прикладных функций и программных компонент. По существу, вариант использования – это типичное взаимодействие пользователя с компьютерной системой. Нотация, используемая в UML, корни которой в том числе прослеживаются от метода Objectory, позволяет удобно и с большой степенью детализации применять варианты использования для описания требований к библиотекам прикладных функций и программных компонент.

Первоначально при проектировании и разработке библиотек прикладных функций и программных компонент в UML создаются диаграммы вариантов использования. При создании диаграмм вариантов использования принято делать упор на представление в них задач пользователя (в данном случае разработчика программного обеспечения для облачных технологий (вычислений) в сети ПАК Data-центров). Но, иногда бывает полезным представлять на подобных диаграммах не задачи пользователя, а системные взаимодействия, которые отражают, каким образом функция или библиотека функций, компонент долж-

на выполнять пользовательские задачи. Каждый вариант использования дополняется текстовым описанием, называемым потоком событий, в котором в стандартном виде описаны события и их взаимосвязь, вызываемые реализацией задач пользователя. Как правило, диаграммы вариантов использования отражают наиболее высокий уровень абстракции для представления задач пользователя. Для более низких уровней задач пользователя также используются диаграммы вариантов использования, задача которых состоит в раскрытии сущностей вариантов использования верхнего уровня.

Диаграммы вариантов использования дают необходимую информацию для дальнейшего анализа и проектирования библиотек прикладных функций и программных компонент. На основании данных диаграмм удобно конструировать основные функциональные блоки разрабатываемой библиотеки как программной системы. Подобное конструирование позволяет легко проследить не только назначение, но и взаимодействие программных блоков. Для построения данных моделей использованы диаграммы последовательностей языка UML, которые представляют собой модели взаимодействия элементов программной реализации проекта. Принято для каждого потока варианта использования формировать соответствующую диаграмму последовательностей. Удобство применения диаграмм последовательностей, в том числе состоит в возможности выбора любого приемлемого уровня абстракции. Чем ниже уровень абстракции разработки диаграмм, тем более трудно восприимчивыми они становятся. В этом нет никакого противоречия с принципами, заложенными в методологию объектно-ориентированного анализа и проектирования. Визуальные диаграммы направлены, в том числе и на то, чтобы проектировщики, разработчики и заказчики программного обеспечения разговаривали на одном языке. Но именно в этом и проявляется универсальность данного подхода. Диаграммы высокого уровня абстракции служат в первую очередь для диалога с заказчиком, а диаграммы низкого уровня – для диалога внутри разработчиков. Естественно, помимо диалога, диаграммы также выступают удобным

средством электронного документирования проекта. Следует отметить, что, как правило, на диаграммах UML не показываются все реально используемые или присутствующие блоки, классы, объекты, связи, сущности и т.д. [90,96,100]. Это чрезвычайно сильно засоряет диаграммы и соответственно ухудшает качество их восприятия. Поэтому на диаграммах принято отображать только наиболее существенные элементы, обеспечивающие раскрытие сущности соответствующих процессов.

Центральным звеном по существу всех объектно-ориентированных методов являются диаграммы классов [90,96,100]. Диаграммы классов используются для отображения типов объектов библиотек прикладных функций и программных компонент и различного рода статических связей, которые существуют между данными объектами. Кроме этого, диаграммы классов способны отображать атрибуты классов, операции и ограничения, которые накладываются на связи между объектами. Непосредственное проектирование классов начинается, как правило, с наиболее высокого уровня абстракции, на котором удобно посредством диаграмм классов представлять словарь предметной области, при этом определяются имена, атрибуты, операции и обязанности классов. Исходя из вышесказанного, становится возможным синтезировать обобщающую диаграмму классов, раскрывающую схему обязанностей основных классов (экранных форм) проектируемой визуальной библиотеки функций. Переход на ниже стоящий уровень иерархии классов позволяет таким же образом представить обязанности и названия классов, входящих непосредственно в каждую из экранных форм. Представление классов всегда происходит в некотором контексте, который раскрывает предоставляемая диаграмма. Поэтому в большинстве случаев нет необходимости изображать на диаграммах все классы, связи, обязанности, операции и атрибуты классов. Диаграммы классов, являются видом статических диаграмм, и их применение удобно при пояснении статических связей в проектируемой программной библиотеке прикладных функций и компонент.

При проектировании визуальной библиотеки функций объективно возникает задача хранения необходимой информации для представления реализованных в продукте прикладных функций. В качестве решения данной задачи предлагается разработчикам вводить пользовательский класс `TFunction`, реализованный на базе стандартного класса `TObject`. Класс `TFunction` находится в отношении специализация/обобщение с классом `TObject`. Это означает что `TFunction` является специализированным элементом (потомком) обобщенного элемента `TObject` (являющегося по отношению к первому предком). С типом данных `RecVar` класс `TFunction` находится в отношении ассоциации, которое непосредственно показывает зависимости между данными структурами.

При этом вводится примечание «From External References» означающее, что реализация данных классов выполнена во внешних модулях. На диаграмме класса `TFunction` должны быть представлены поля и свойства данного класса, для каждого из которых изображается тип видимости, наименование и тип представления. В соответствии с объектно-ориентированной парадигмой, рекомендуется полям класса придать тип видимости `public`, а свойствам - тип видимости `private`. Помимо непосредственно классов, на диаграмме классов представляются также типы данных используемых в проекте библиотеки прикладных функций и программных компонент. В типовом случае поля класса лучше описывать через запись `RecVar`, состоящую в свою очередь из одного целочисленного и двух строковых массивов заданной размерности. На диаграмме классов можно проследить, каким образом непосредственно используются объекты, участвующие в той или иной операции. Это помогает понять сущность процесса и роль объектов в нем. Данная диаграмма также относится к классу статических диаграмм, и соответственно, не отображает последовательности, методы и операции, через которые непосредственно выполняется расчет, зато предоставляет исчерпывающую информацию о том, какие ресурсы данных при этом используются.

Одним из последних шагов проектирования библиотеки прикладных функций и программных компонент является окончательная разбивка предполагаемого программного кода на модули. Для этого следует использовать диа-

граммы компонентов. Конкретизированные диаграммы компонентов еще принято называть моделями доменной архитектуры. В ходе диссертационного исследования была определена рациональная модель доменной архитектуры для динамически подключаемых библиотек прикладных функций и программных компонент: она представляет собой один выполняемый файл LibraryFunction.exe, из которого вызываются динамические подбиблиотеки About\_Func.dll и Formulas.dll. Первая из них отвечает за отображение информации о содержании библиотеки, а вторая содержит в качестве ресурсов графические изображения всех реализованных в продукте функций и их аргументов. Текстовые по своей сути файлы ListingDelphi.pas и ListingC.cpp содержат в себе листинги программных реализаций функций выполненных в проекте, а файл LibraryFunction.hlp является файлом справочной системы, как по самому программному средству библиотеки функций, так и по реализованным в нем функциям.

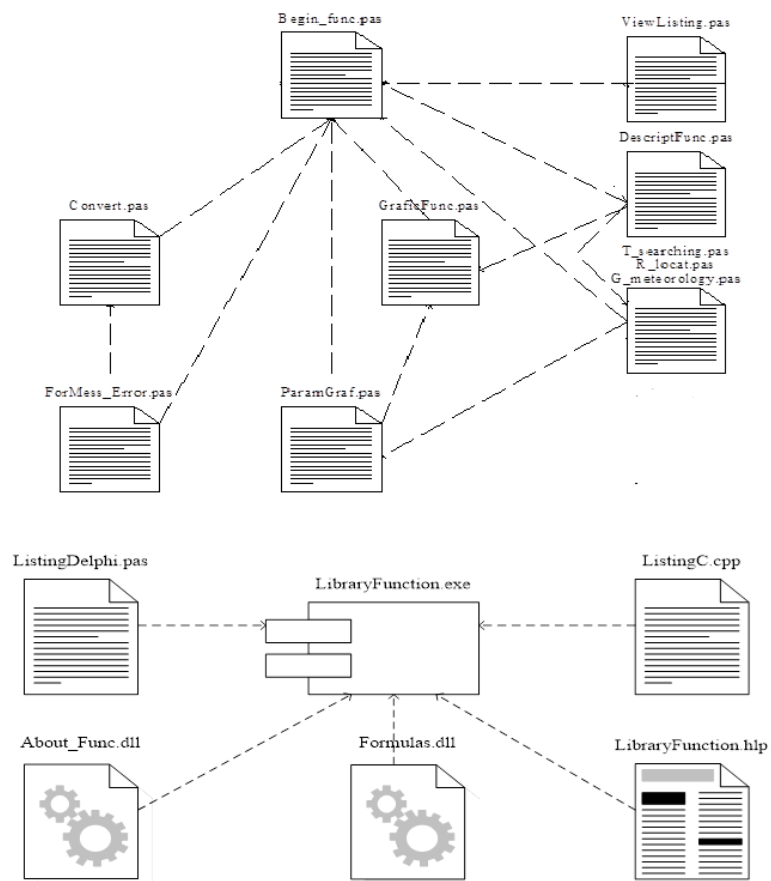


Рисунок 3.1.5 – Рациональная модель доменной архитектуры библиотеки прикладных функций (программных компонент) в нотации диаграмм UML



### 3.1.2. Практические рекомендации по повышению результативности облачных вычислений за счет динамических программных библиотек и сетевых сервисов

Практические рекомендации по повышению результативности облачных вычислений за счет динамических программных библиотек и сетевых сервисов представляют собой третью часть искомой модели повышения результативности указанных вычислений (облачных технологий).

На практике программная разработка библиотек прикладных функций и программных компонент для поддержки облачных вычислений в сети ПАК Data-центров предполагается как итеративный процесс в 5 шагов по каждой функции:

1. визуальная репрезентация (представление) функции;
2. кодирование функции на языке программирования;
3. объектно-ориентированное представление кода функции;
4. описание функции, ее входных и выходных параметров;
5. формирование соответствующего сетевого сервиса.

При практической реализации библиотек прикладных функций и программных компонент для поддержки облачных вычислений в сети ПАК Data-центров в качестве исходных данных должны выступать логические или математические представления функций с соответствующим описанием или уже существующие библиотеки функций при наличии на них технической документации. Основой применения предлагаемой модели является выполненная соответствующими специалистами декомпозиция предметной области, функции которой должны быть внесены в визуальную библиотеку, по основанию функция, как это было показано выше на Рисунке 3.1.4. При этом под декомпозицией по основанию функция следует понимать процесс представления в виде математических функций. Процесс декомпозиции имеет принципиальное значение не только для реализации предлагаемой модели. В связи с этим, данному вопросу будет уделено особое внимание.

Фундаментальными понятиями данного процесса являются понятия модели, интерпретации и функции. В настоящее время существуют различные определения этих понятий, но при этом смысловая характеристика их является однозначной [47,57,58,60]. В качестве классических примеров математических моделей можно привести абсолютно равноуровневые модели, например такие как, модель формальных рассуждений (алгебра Буля) и уравнения электромагнитных волн Максвелла. Уравнение колебания маятника и определенный интеграл также является математическими моделями. Формальная теория математических моделей важна не столько сама по себе, а, сколько из-за возможности сопоставить математическим символам и выражениям некоторые содержательные понятия конкретных прикладных областей знаний, за счет использования механизма интерпретации. При этом можно говорить, что задана интерпретация  $I$  некоторой теории  $T$ , если [47]:

1. Указано некоторое множество  $D$  (конечное или бесконечное, но не пустое), называемое предметной областью интерпретации  $I$ .
2. Каждой предметной константе  $a_i$  теории  $T$  сопоставлен некоторый элемент  $a_i^*$  предметной области  $D$ .
3. Каждой функциональной букве  $f_i^k$  теории  $T$  сопоставлена  $k$ -местная операция  $f_i^{k*}$  над элементами области  $D$ , т.е. функция, которая любой совокупности  $u_1, \dots, u_k$  объектов этой области ставит в соответствие один определенный элемент этой же области.
4. Каждой пропозиционной букве  $B_i$  теории  $T$  сопоставлено одно из двух логических значений: «истина» или «ложь».
5. Каждой предикатной букве  $P_i^k$  теории  $T$  сопоставлено  $k$ -местное отношение  $P_i^{k*}$  между объектами из области  $D$ .

Кроме этого подразумевается, что каждая предметная переменная может обозначать (т.е. ей может быть сопоставлен) любой элемент предметной области  $D$ .

Теоретически обоснованная возможность выявления и представления законов, процессов, явлений в виде математической модели и соответствующей данной модели функции (набора функций), где под функцией можно понимать некоторую величину, которая зависит от переменной величины в некоторой области определения, если при этом каждому значению переменной величины из этой области определения соответствует одно определенное значение функции [58], обусловила дальнейшее развитие не только традиционных областей знаний, например таких как, механика, физика и т.д., но и широкое проникновение математических методов в нетрадиционные области знаний, такие как управление, экономика, биология, психология, лингвистика и т.д. При этом фундаментальные теоремы теории моделей, например такие как: теорема Лёвенгейма («Если некоторое высказывание имеет бесконечную модель, то оно имеет и счетную модель») и теорема компактности Геделя и Мальцева («Если каждое конечное подмножество множества  $\Sigma$  имеет модель, то и все множество  $\Sigma$  имеет модель») обеспечивают широкие возможности продолжения дальнейшего изучения таких областей знаний, через использование математических моделей. Это в полной мере относится к моделям, которые представимы функцией (-ями). Вместе с тем, в современном программировании установлено огромное число моделей, выраженных математически через представление функциональными зависимостями без констатации ограничений, при том, что ограничения предметной области, которые накладываются на модель, являются объективными и сложно учитываемыми. Примером, в частности, может послужить, что в работе [58] показано, как классическое пуассоновское приближение для биномиального распределения

$$F(r, k, q_{ij}) = \binom{k}{r} q_{ij}^r (q_{ji} + q)^{k-r} \quad (3.1.1)$$

где:

$F(r, k, q_{ij})$  - вероятность того, что из  $K$  испытаний  $r$  будет успешным с вероятностью  $q_{ij}$ ;

$\binom{k}{r}$  - комбинаторный коэффициент, равный числу сочетаний из  $K$  по  $r$ ;

т.е. 
$$F(r, k, q_{ij}) = P(z_{ij} = r), \quad (3.1.2)$$

выраженное в виде функции:

$$F(r, k, q_{ij}) \approx \left( \frac{\lambda^k}{r!} \right) e^{-\lambda} \quad (3.1.3)$$

где:

$$\lambda = k q_{ij} \quad (3.1.4)$$

для случая непрерывного распределения описывается нормальным законом:

$$F^*(r, k, q_{ij}) \approx \left( \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \right)^k \int_{-\infty}^{\frac{-r^2}{2}} e^{-\frac{r^2}{2}} dr \quad (3.1.5)$$

с плотностью распределения:

$$f(r, k, q_{ij}) \approx \left( \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \right)^k e^{-\frac{r^2}{2}} \quad (3.1.6)$$

Графическая интерпретация такого логического рассуждения о преобразованиях для нормального приближения показана на Рисунке 3.1.6.

При программной реализации указанная цепочка преобразований (3.1.1) – (3.1.6) является некорректной в виду отсутствия задания как области определения функций, так и допустимых значений аргументов. То есть, математическая модель, выраженная в виде аналитического выражения не может быть абсолютно эквивалентной компьютерному представлению данного выражения. Это очень серьезное ограничение, накладываемое на применение компьютерных расчетов в прикладных областях знаний, тем не менее, в большой степени в настоящее время снимается за счет развития такой области высшей математики, как вычислительная математика, иногда также называемой компьютерной математикой.

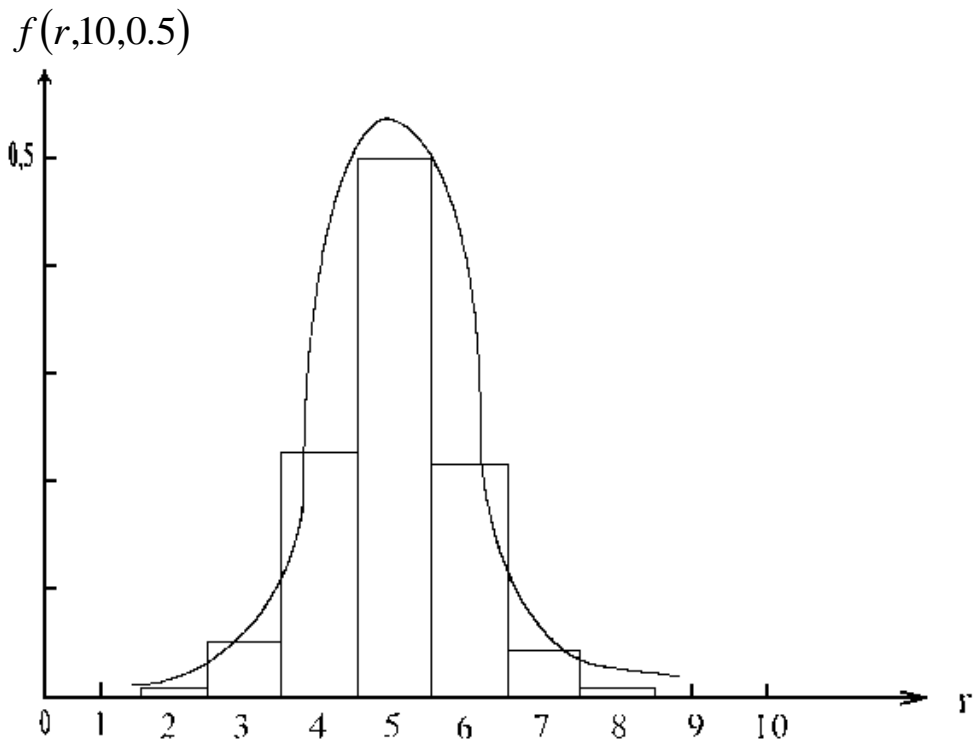


Рисунок 3.1.6 – Нормальное приближение для биномиального распределения вероятности того, что  $r$  испытаний из  $K=10$  будут успешными с вероятностью успеха в единичном испытании  $q_{ij}=0.5$

Таким образом, проблема компьютерной реализации математических функций состоит в выборе или же разработке вычислительных методов решения конкретной задачи и их реализации на том или ином языке программирования, а также оценке степени соответствия выбранных методов заданным критериям точности и скорости расчетов.

Декомпозиция предметной области по основанию функция в совокупности с соответствующими методами вычислительной математики обеспечивает возможность программной интерпретации математических функций, как соответствующих математических моделей, для выполнения по ним аналитических расчетов на компьютере, с обеспечением заданной точности и достоверности получаемых результатов при допустимой скорости выполнения расчетов.

Для непосредственной реализации модели разработки визуальной библиотеки функции был исследован ряд возможных способов визуального представления функций, описанных на языке UML в виде диаграмм вариантов ис-

пользования. Как видно из Рисунка 3.1.5, предлагаемая модель реализует обширные функциональные возможности, что позволяет в первую очередь решить наиболее актуальные проблемы, встающие перед разработчиками библиотеки функций. Это, прежде всего:

1. решение проблемы полноты описания функций за счет совмещения визуального и текстового описания каждой функции;
2. решение проблемы проверки работоспособности и тестирования функций, за счет предоставления автоматизированного механизма их выполнения в визуальной оболочке;
3. предоставление средств для анализа и проверки граничных условий применимости функций, за счет возможности построения графика функции, относительно любого аргумента;
4. решение проблемы формы представления функции, за счет включения в оболочку листинга функции на двух наиболее известных языках программирования, а также возможности получения функций не только в виде исходных листингов, но и в форме откомпилированных модулей и динамических библиотек.

Для реализации предложенной модели в ходе диссертационного исследования была разработана модульная архитектура программной реализации визуального представления библиотеки функций, которая позволила при практической программной реализации визуальной оболочки представления прикладных функций получить модель компонентной реализации, представленной на Рисунке 3.1.5. Данная модель содержит программные компоненты, являющиеся общими для любой реализации визуальной библиотеки функций, вне зависимости от вида функций при ее наполнении. Для практического применения представленной в данной работе модели, согласно ранее обоснованной рациональной доменной архитектуры (Рисунок 3.1.5.) необходимо иметь исходные коды визуальной оболочки, которые содержатся в следующих файлах:

1. LibraryFunction. dpr – файл проекта визуальной оболочки.
2. Begin\_func.pas – основная форма визуальной оболочки.

3. CopyCode.pas – форма копирования функций.
4. DescriptFunc.pas – описание представления функций.
5. GraficFunc.pas – форма представления графика функций.
6. ParamGraf.pas – форма задания параметров построения графика функции.
7. ViewListing.pas – форма представления листингов функций.
8. Formulas.pas – модуль реализации динамической библиотеки хранящей графические представления формул функций и их аргументов.
9. ImgFunction.res – файл ресурсов, содержащий графическое представление формул функций.
- 10.ImgArgument.res – файл ресурсов, содержащий графическое представление аргументов формул.
- 11.Names.pas – общее название модулей стандартной реализации функций.
- 12.Names\_dll.pas – общее название модулей реализации функций в виде динамических библиотек.

Применение модели повышения результативности облачных вычислений за счет использования динамических программных библиотек и сервисов прикладного функционала, как указывалось выше, включает в себя пять основных шагов, которые проиллюстрированы ниже на примере разработки и включения в программный сервис одной из расчетных функций. Для примера рассмотрена математическая формула, описывающая функцию расчета дальности наблюдаемой линии горизонта, аналитически представимой как:

$$r_z = \sqrt{2a_s} \times (\sqrt{h_a} + \sqrt{h_c}) \quad (3.1.7)$$

где:

$a_s$  - эквивалентный радиус Земли (метры);

$h_a$  - высота нахождения наблюдателя (метры);

$h_c$  - высота нахождения наблюдаемого объекта (метры).

Реализация предлагаемой модели предполагает использование соответствующей профессиональной среды разработки прикладного программного кода, ориентированной на язык программирования, используемой разработчиком.

Работа в этой среде начинается с инициации (открытия) файла проекта Library-Function.dpr.

Шаг 1. Синтез графических образов функций.

На этом шаге синтезируется текстовый образ функции в графическом формате *.jpg* размещается в ресурсные файлы *imgFunction.res* и *imgArguments.res*. Далее указанные файлы компилируются в составе общей сборки итоговой библиотеки прикладных функций и программных компонент.

Шаг 2. Непосредственное программное кодирование функциональной зависимости.

Выполняется непосредственное программное кодирование функциональной зависимости согласно математической (аналитической) формулы. В качестве сквозного примера на Рисунке 3.1.7. приведен программный код реализации функции (3.1.7) на Object Pascal.

```
Function      ohorizont (Ae, Ha, Hc :extended) :extended;
begin
try
Result:=sqrt (2*Ae) * (sqrt (Ha)+sqrt (Hc) );
except
    Result:=-1;
end;
end;
```

Рисунок 3.1.7 – Пример программного кода реализации прикладной функции

Реализация функционала математической формулы может быть инвариантно к языку программирования и соответствующей ему среде разработки, в части адекватности результатов расчета при неизменности (одинаковости) входных данных. Так, приведенный на Рисунке 3.1.8. программный код реализации функции (3.1.7) на C++, разработанный в соответствующей среде разработки, с точки зрения итоговой библиотеки прикладных функций является эквивалентным к программному коду представленному на Рисунке 3.1.7.

На данном шаге проводится логическая верификация корректности программной реализации функциональной зависимости, а глубокого тестирования на данном шаге не выполняется, т.к. это является предметом дальнейших техноло-



гических манипуляций. Тестирование выполняется в два приема: по модульно (для каждой прикладной функции) и комплексно (для программной архитектуры библиотеки прикладных функций, в целом).

```

long double    ohorizont(long double Ae, long double Ha,
                        long double Hc)
{
    long double fResult=-1;
    try
    {
        Ae=2*Ae;
        if (Ae >=0 && Ha >= 0 && Hc >=0)
            fResult=sqrtl(Ae) * (sqrtl(Ha)+sqrtl(Hc));
    }
    catch (EMathError&)
    {
    }
    return fResult;
}

```

Рисунок 3.1.8 – Пример инвариантности реализации прикладной функции в различных языках программирования

Шаг 3. Программно-логическое связывание функции с визуальной оболочкой. Производится создание нового экземпляра класса TFunction, реализация которого уже выполнена в модуле DescriptFunc.pas.; непосредственно связывается новая функция с визуальной оболочкой. Далее производится тестирование синтезированной функции. Соответственно, на следующем шаге привести функцию в формат динамической библиотеки (.dll) и повторить её тестирование. Для этого: в модуле предложенной рациональной доменной архитектуры - DescriptFunc.pas в секции var необходимо включить новую переменную типа TFunction, а в секции resourcestring следует описать под именем sNameFunc строковый ресурс, содержащий полное название добавляемой функции и строковые ресурсы, содержащие полное название аргументов функции с единицами их измерения. Выполнив выше описанное можно непосредственно задать экземпляр класса TFunction: присвоить необходимые значения полям данного экземпляра класса.

По завершении выше описанных манипуляций программный объект класса TFunction, соответствующий синтезированной прикладной функции может быть инициализирован. Для рассматриваемого сквозного примера реализа-

ции функции (3.1.7) в библиотеке прикладных функций и программных компонент вариант инициализации на Pascal показан на Рисунке 3.1.9.

```

with    ohorizon do
begin
  Name:=sNameFunc100;      NameRes:='    ohorizon';
  NumberFunc:=100;
  with DescriptVar do
  begin
    Number[0]:=200;      Number[1]:=201;      Number[2]:=202;
    Name[0]:=sNameVar200; Name[1]:=sNameVar201; Name[2]:=sNameVar202;
    Meaning[0]:='8500000'; Meaning[1]:='25';      Meaning[2]:='500';
  end;
  IndexHelp:=0;
  LeftAxis:= '';      BottomAxis:='';
  BeginListingD:=0;      EndListingD:=0;
  BeginListingC:=0;      EndListingC:=0;
end;

```

Рисунок 3.1.9 – Пример связывания функции с визуальной оболочкой

Следующим действием производится загрузка аргументов рассматриваемой функции из в проект LibraryFunction.dpr., для чего в модуле Begin\_func загружаются изображения аргументов новой формулы из динамической библиотеки Formulas.dll в компонент ImageList2. Далее осуществляется сохранение и компиляция всего проекта библиотеки.

Для ввода тест-вариантов входных данных и производства расчетов по вновь введенной функции необходимо в модуле Begin\_func.pas., в процедуре TfrmBegin\_func.imageFuncClick(Sender: TObject), подключить введенный программный код к интерфейсному IP ввода исходных данных. На Рисунке 3.1.10. приведен пример подключения:

```

100 : begin
      fTmp:=    ohorizont (A1, A2, A3);
      if fTmp = -1 then labelResult.Caption:='ERROR'
      else labelResult.Caption:=FloatToStr (fTmp);
      end;

```

Рисунок 3.1.10 – Пример подключения программной реализации функции

Построение графических представлений аналитических зависимостей программируемых прикладных функций предусматривает первоначальное назначение аргумента, соотносимого с осью абсцисс, что делается внесением наименования этого аргумента в поле BottomAxis объекта OHorizont описывающего новую функцию, в модуле DescriptFunc.pas. (для рассматриваемого сквозного примера); в процедуре TfrmBegin\_func.aShowGraficExecute(Sender: TObject) модуля

begin\_func.pas в конструкцию case tmp.NumberFunc of вводится код для графического отображения. Пример такого кода приведен на Рисунке 3.1.11.

```

100 : repeat
      fTmp:=      ohorizont (A1,A2,tmpA);
      if fTmp = -1 then begin  ErrorGrafic; Exit;  end;
      New(pfX);   pfX^:=tmpA;      listX.Add(pfX);
      New(pfY);   pfY^:=fTmp;      listY.Add(pfY);
      tmpA:=tmpA+200;
      until tmpA > 20000;

```

Рисунок 3.1.11 – Пример кода графических представлений прикладных функций

В целях исполнения программной модели прикладной функции в формате dll внести в файл Names\_dll.pas уже реализованный программный код функции, прокомпилировав динамическую библиотеку через меню Build.

Шаг 4. Листинг и текстуальное описание прикладной функции.

На четвертом шаге выполняется подключается просмотр листинга программного кода функции из специализированного модального окна. Делается текстуальное описание новой функции применительно к формату Help, инкорпорирование этого описания к указанному модальному окну. Формирование Help-файлов заключается в текстуальном описании возможностей программных реализаций функций в формате RTF. В связи с чем создаются ресурсные файлы: LibraryFunction.rtf и LibraryFunction.hpj. Они предназначены для поддержки Help-описаний вновь синтезируемых функций.

Шаг 5. Формирование сетевого сервиса для сети ПАК Data-центров.

На основании подмодели формирования сетевого сервиса на базе библиотеки программных функций или других программных компонент в сети ПАК Data-центров из модели повышения результативности облачных вычислений за счет использования динамических программных библиотек и сервисов прикладного функционала осуществляется соответствующий синтез (формирование) декларируемого сетевого сервиса. Такое формирование осуществляется с использованием типовых программных технологий и программных средств построения сетевых сервисов в облачных средах.

### 3.1.3. Обеспечение роста результативности облачных вычислений в сетях Data-центров

Результативность облачных вычислений в сетях Data-центров является сложным сводным показателем, который требует узкой предметной интерпретации для рассматриваемого объекта и предмета исследования. В таблице 3.1.2 даны варианты интерпретации составляющих прикладной результативности ПАК Data-центров в виде более частных функциональных и технических показателей. Далее указанные показатели были рассмотрены и оценены как показатели качества указанных комплексов.

Таблица 3.1.2 – Декомпозиция составляющих результативности при её интерпретации в предметной области ПАК Data-центров

№ п / п	Показатели, композиционно входящие в «Результативность» согласно ГОСТ Р ИСО 9000-2015.	Интерпретация в показателях качества ПАК, согласно ГОСТ Р ИСО 25010 -2015; ГОСТ Р 27000 -2015; ГОСТ 34.601-90.	Научно-методический способ качественной оценки и (или) конкретизирующего количественного измерения показателя.	Примечания, специфика реализации процедур измерения (оценки).
1.	Экономичность	Экономичность разработки.	Снижение общей трудоемкости, при сравнимом уровне сложности решаемых задач.	Количественный учет трудозатрат в проектах реализации.
2.	Прибыльность	Время реализации; Верифицированность кода; Общее время эксплуатации.	Снижение вероятности дефекта программного кода, сбоя и вероятности отказа аппаратуры ПАК.	Количественно оцениваются соответствующим вероятностные характеристики
3.	Производительность	Объем хостинг-услуг реализуемый в единицу времени.	Рост числа реализуемых хостинг-услуг за заданный период времени.	Измеряется среднее количество в единицу времени.
4.	Действенность	Общий объем реализуемых хостинг-услуг; Надежность функционирования.	Рост номенклатуры хостинг-услуг; Увеличение наработки на отказ, снижение времени восстановления.	Определяется опытным путем, имитационным моделированием схем.
5.	Условия трудовой деятельности	Робастость; Эргономичность; Институциональность.	Сложносоставной показатель, определяемый по конкретн. ПАК	Оценивается качественно экспертами.
6.	Нововведения	Инновационность; Соответствие текущему техническому уровню; Системность.	Сложносоставной показатель, определяемый по конкретн. ПАК	Оценивается качественно путем экспертизы.

Очевидно, что развитие функционала облачных технологий в сетях Data-центров на основе динамически подключаемых библиотек прикладных функций, других программных компонент, а так же формируемых на их базе сетевых сервисов, дает значимый эффект в росте результативности указанных технологий. Это определяется, прежде всего:

- объективно формирующейся минимизацией числа повторных копий программного кода, реализующего прикладной функционал в интересах пользователей;

- обеспечением более высокого уровня верификации и тестирования повторно используемого кода, применяемого при реализации сетевых сервисов;

- экономичностью, которая обеспечивается самим подходом к повторному использованию кода единожды разработанных и отлаженных прикладных библиотек программных функций;

- упрощением процессов создания итоговых программных приложений в рамках технологической идеологии вычислительной эластичности, т.е. реализации оперативного и комфортного (с т.з. организации программного приложения) сетевого, по требованию доступа к некоторому пулу управляемых программных и информационных ресурсов.

Проследить этот рост результативности возможно в системе показателей, приведенных согласно выше описанной декомпозиции её составляющих. Учитывая расчетный характер значений многих показателей в указанной декомпозиции, методический подход к их оценке, анализу и интерпретации будет показан ниже, в описании экспериментальной части настоящего диссертационного исследования в п.п. 3.3.3.

В рамках научно-методических средств улучшения качества ПАК Data-центров представленная модель повышения результативности облачных вычислений за счет использования динамических программных библиотек и сервисов прикладного функционала дополняется методикой определения отклик-процедур улучшения качества указанных комплексов.

## **3.2. Методика определения отклик-процедур улучшения качества программно-аппаратных комплексов центров обработки и хранения данных**

### **3.2.1. Существо задачи определения отклик-процедур улучшения качества ПАК Data-центров**

Оценка качества ПАК Data-центров не является самоцелью в его процессе разработки. Учитывая, что предложенный в гл.2 метод оценки, позволяет получать не конечное предписание о качестве ПАК Data-центров, а вырабатывать текущее заключение об аномалиях в его развитии при проектировании и формировании, то очевидна необходимость дополнения выше указанного метода научно-методическими средствами прикладной интерпретации результатов оценки качества. В качестве такого средства разработана методика определения отклик-процедур улучшения качества ПАК Data-центров.

Проектирование ПАК Data-центров осуществляется в рамках сложных методологий разработки, как правило, имеющих многоэтапный и итеративный характер. Очевидно, что заказчики и руководители разработки всегда стремятся к снижению указанной итеративности. Оценка качества ПАК Data-центров, позволяющая выявлять текущие и системные недостатки в реализуемом проекте, является одним из основных средств снижения такой итеративности. Снижение итеративности при разработке проекта и образца комплекса достигается за счет своевременного (на более ранних этапах), обоснованного и более полного выявления недостатков, и аномалий в создаваемом образце ПАК Data-центра и эффективном их устранении (улучшении качества). Эффективность этого устранения недостатков определяется соответствующим планом работ (действий), реализуемых группой разработчиков и реализаторов. Однако, в данном контексте термин «план» не следует понимать только как классическую и взаимоувя-

занную последовательность работ, согласованную во времени и по объему потребных ресурсов.

Учитывая, что результаты оценки качества ПАК Data-центров, получаемые на основании входной информации, являются только ориентирами в устранении аномалий указанных комплексов, то очевидно, что за методологическую основу в данной работе принято системное аналитическое планирование. Это означает, что прикладная интерпретация результатов оценки качества ПАК Data-центров сводится к выбору соответствующей, предварительно предусмотренной процедуры (совокупности работ) по улучшению качества на основании результатов указанной оценки. Такие процедуры в профессиональной среде разработчиков ПО и проектантов ПАК получили наименование отклик-процедур.

Таким образом, под отклик-процедурой улучшения качества ПАК Data-центров следует понимать такую совокупность методических и системно-технологических схем, моделей, приемов, используемых в технологическом процессе проектирования и формирования указанных ПАК, которая позволяет так изменить ход разработки (проектирования), что становится возможным избежать аномалий, выявленных при предшествующей оценке качества текущей версии этого комплекса (проекта комплекса).

Базисный перечень возможных отклик-процедурой улучшения качества ПАК Data-центров может разрабатываться заранее, пополняться по мере накопления экспертного и эмпирического опыта, выработки специальных эвристик и пр. Очевидно, что на разных технологических этапах разработки ПАК Data-центров отклик-процедуры улучшения качества будут различными. В Таблице 3.2.1. приведен пример возможного базисного перечня отклик-процедур улучшения качества ПАК Data-центров, который позволяет наглядно представить существо понятия «отклик-процедура улучшения качества», а так же соотнести его с типовыми понятиями организации технологического процесса разработки, проектирования и создания указанных ПАК.

Таблица 3.2.1. - Пример базисного перечня отклик-процедур улучшения качества ПАК Data-центров

№ n/n	Этапы процесса проектирования и формирования ПАК Data-центра	Рекомендуемые основные отклик-процедуры улучшения качества	Показатели - индикаторы
I	Постановка задачи на проектирование ПАК, идентификация архитектуры и рабочей модели ПО	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Сужение постановки задачи, стоящей перед образцом ПАК;</li> <li>2. Изменение категории использования ПАК Data-центра;</li> <li>3. Переопределение ресурсов разработки (сроки, средства, компьютерные мощности)</li> <li>4. Переопределение участников технологического процесса (дополнительные проектанты, эксперты, программисты, монтажники и пр.)</li> </ol>	Объемность пространства решений, полезность, глубина, институциональность, ресурсоемкость (ресурсоэкономичность), логическая связность модели ПО в целом, гибкость структуры ПАК, надежность.
II	Концептуальное проектирование	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Переформулирование концепции решения технической задачи</li> <li>2. Переформулирование налагаемых ограничений на проект ПАК, модели сетевых сервисов, алгоритмы, библиотеки функций и пр.</li> <li>3. Изменение структуры подсистем, модулей, компонент и пр.</li> <li>4. Изменение проектного подхода к разработке ПАК Data-центра (функциональный, структурный, объектно-ориентированный и пр.)</li> <li>5. Переформулирование перечня ключевых компонент и системы связей между ними (корректурa или смена рабочей архитектуры)</li> </ol>	Информационная избыточность, влияние на гибкость интерфейса, взаимодействие с другими программными средствами, ресурсоэкономичность, расширяемость, объемность пространства решений, интеллектуальный характер, логичность, глубина и структурированность данных
III	Принципиальное проектирование	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Изменение способа получения, накопления и хранения данных, системы сетевых сервисов, смена средств работы с базами и банками данных, организации взаимодействия серверов и клиентов;</li> <li>2. Изменение модели отношений и функций между серверами</li> <li>3. Смена модели представления и хранения данных, знаний, в целом</li> <li>4. Замена среды проектирования и (или) программирования, в целом</li> </ol>	Возможности расширения, институциональность, возможность структуризации, строгость формализации логических связей, репрезентативность и логичность, полезность, информативность
IV	Формирование и комплексирование образца (Физическая и программная реализация)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Перепрограммирование ПО на другом языке и среде разработки</li> <li>2. Перекомбинирование и реорганизация различных частей ПАК с целью устранить глобальные неувязки между спецификациями аппаратных комплекствующих, структур данных, модулей, компонент и пр.</li> <li>3. Поиск иных форм реализации взаимодействия прикладного ПО с другими частями ОПО и аппаратного обеспечения ПАК Data-центра</li> </ol>	Качество ПАК с точки зрения группы разработчиков, качество ПАК с точки зрения аппаратной реализации, качество ПАК с точки зрения программной реализации; качество ПАК в части телекоммуникаций.
V	Испытания, верификация и тестирование	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Массовая корректурa по замечаниям, простым тестам</li> <li>2. Дополнение ПО недостающими фрагментами кода и структур данных, элементами прикладной функциональности, комплекующими</li> </ol>	Отдельные недостатки, частные (обособленные) пробелы в структуре содержания прототипа ПО ТОС ВМФ



Различные отклик-процедуры улучшения качества ПАК Data-центров позволяют совершенствовать различные аномалии в развитии того или иного проекта указанных комплексов. Именно, результаты оценки качества текущего состояния разрабатываемого ПАК Data-центра, как значения соответствующих элементарных и сводных показателей, определяют ту или иную наилучшую (рациональную) отклик-процедуру улучшения качества на данном этапе разработки. Указанная рациональность заключается в том, что при аномалиях качества, выявляемых по тем или иным показателям, соответствующая отклик-процедура позволит скорейшим образом устранить (сгладить) эти аномалии. Очевидно, что соответствие отклик-процедур и комбинаций показателей качества-индикаторов тех или иных аномалий не носит линейного характера. Данное соответствие во многом является следствием обобщения практического и эвристического экспертного опыта, результатом носящим институциональный характер.

Смена отклик-процедур улучшения качества, как и принятие решения о их комбинировании, обычно осуществляется при переходе от одного логического этапа в разработке (проектировании и формировании) ПАК Data-центров к другому (последующему), по результатам очередной оценки качества.

Таким образом, отклик-процедура улучшения качества ПАК Data-центров заключается в выявлении частного недостатка, недочета, аномалии в текущем состоянии проектируемого и формируемого комплекса (одного или нескольких простых показателей качества в составе интегрального показателя качества), который позволяет наиболее эффективным образом повысить значения результатов оценки в иерархии показателей качества и целенаправленном его улучшении. При этом отклик-процедура основывается на анализе интегральных результатов оценки качества и заключается в системном подходе к преодолению выявленных аномалий.

Задача определения отклик-процедур улучшения качества ПАК Data-центров заключается в ранжировании множества отклик-процедур улучшения качества, выбираемого из их базисного перечня, по степени их эффективности для устра-

нения недостатков, выявленных при оценке качества. Для осуществления определения или выбора на основе базисного перечня отклик-процедур улучшения и дополнительного экспертного опыта формируется поле альтернатив - возможных отклик-процедур улучшения качества ПАК Data-центров  $\{S_1, S_2, \dots, S_K\}$ . Разделы Таблицы 3.2.1 представляют собой пример такого описания различных отклик-процедур улучшения качества ПАК Data-центров. Однако, эффективность реализации каждой отдельной отклик-процедуры и составляющих ее мероприятий в различных условиях, будет различной, в силу индивидуальных и ситуативных особенностей, личностного фактора и пр.

На основании выделенного поля альтернатив – отклик-процедур  $\{S_1, S_2, \dots, S_K\}$  становится возможным сформировать систему показателей определения-выбора отклик-процедуры улучшения качества ПАК. Она может формироваться различными путями:

1. Выделением из сети показателей оценки графа недостатков текущей версии ПАК Data-центра, путем вычленения простых и сводных показателей с низкими оценками качества;
2. Использованием всего множества простых показателей оценки ПАК Data-центра;
3. Выбором определенного уровня декомпозиции интегрального показателя качества, с которого сводные показатели могут быть использованы для сравнения отклик-процедур улучшения.

Каждый из указанных путей имеет свои очевидные достоинства, недостатки и определяется конкретными условиями проектирования и разработки ПАК Data-центра. В конечном итоге, система показателей выбора отклик-процедуры улучшения качества ПАК Data-центра формируется посредством присоединения к нижнему уровню выбранной иерархии показателей уровня с возможными отклик-процедурами улучшения  $\{S_1, S_2, \dots, S_K\}$ . Каждая отклик-процедура  $S_k$  связывается со всеми простыми показателями оценки вошедшими в иерархию, т.к. реализация любой отклик-процедуры будет влиять на всю гам-

му свойств ПАК Data-центра. Логическое существо такого формирования показано на Рисунке 3.2.1.

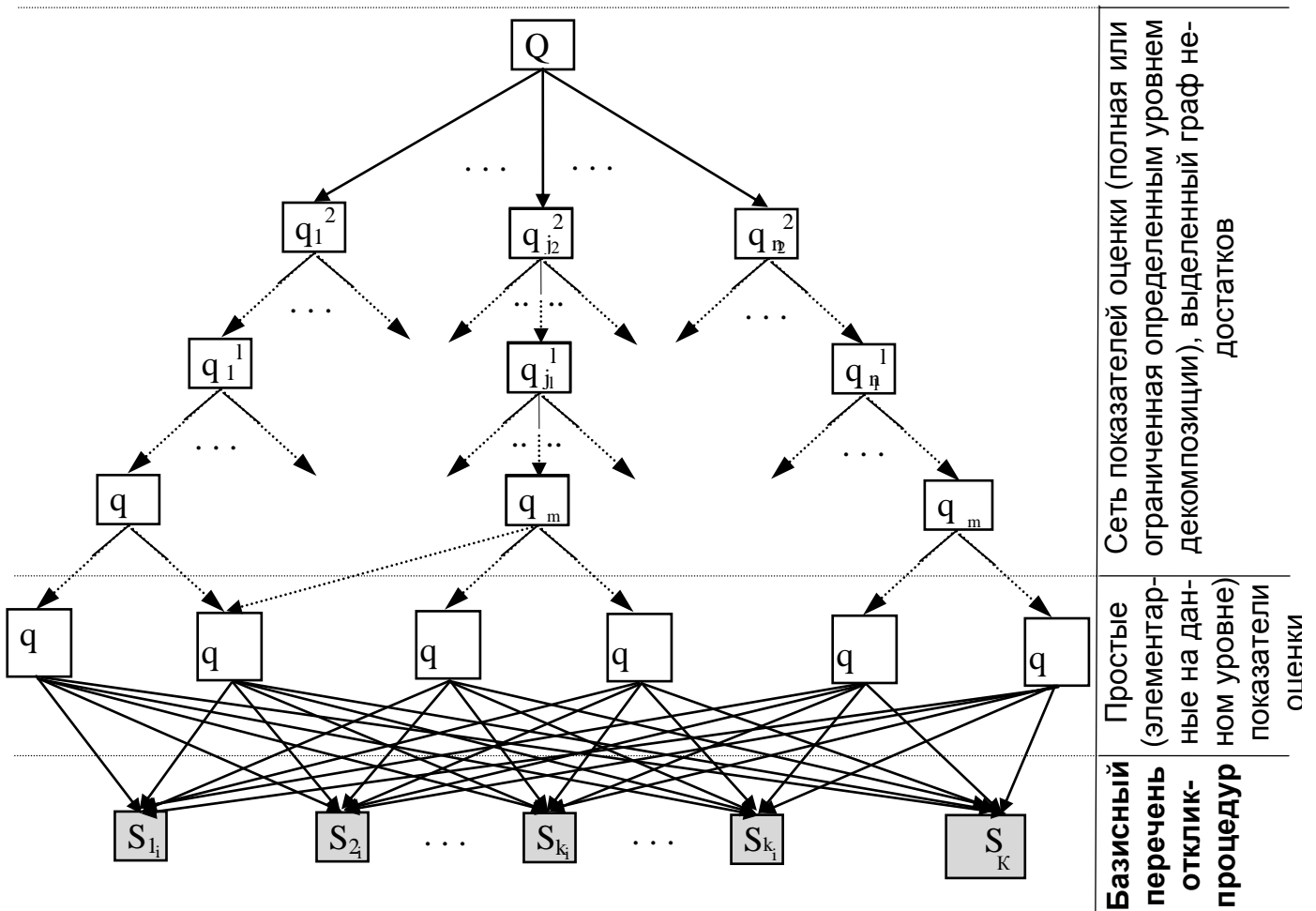


Рисунок 3.2.1 – Формирование системы показателей определения отклик-процедур улучшения качества ПАК Data-центров

Таким образом, задача определения отклик-процедур улучшения качества ПАК Data-центров сводится к особому способу ранжирования множества значений, характеризующих влияние соответствующих процедур на аномалии текущей версии указанных ПАК, выявленные в ходе оценки их качества.

В ходе проведенного диссертационного исследования удалось обосновать, что указанное ранжирование рационально осуществить с использованием научно-методического аппарата математического метода районирования И.Я.Динера [3,4,49].

### 3.2.2. Районирование отклик-процедур улучшения качества ПАК Data-центров

Исходное множество отклик-процедур улучшения качества ПАК Data-центров может быть отранжировано на показателях, набор значений которых определяет собой одну или несколько выявленных аномалий качества. Каждая из отклик-процедур (каждый элемент множества) может быть представлена в виде поля (района) состояний ПАК Data-центров – пространства или части пространства с числом измерений, равным числу  $m$  показателей, характеризующих выявленную аномалию или состояние разработки. Физическая сущность значений показателей, общее их число  $m$  и пределы изменения каждого из них зависят от текущего проекта проектирования и формирования ПАК Data-центров. В некоторых случаях близкие состояния могут считаться практически неразличимыми и заменяться одним состоянием определенного типа. В результате такой типизации множество состояний приближенно заменяется совокупностью конечного числа  $n$  состояний.

Множество отклик-процедур содержит на равных основаниях все возможные варианты системного улучшения ПАК Data-центров и определяющие их состояния безотносительно к априорным вероятностям их осуществления. Если такие вероятности существуют, то на множестве отклик-процедур может быть задан закон их распределения.

Пусть множество отклик-процедур улучшения качества ПАК Data-центров содержит конечное число  $n$  вариантов, что-либо точно соответствует реальной ситуации, либо является следствием типизации – искусственного сведения бесконечного множества вариантов действий к конечному их числу. Пусть для совокупности  $n$  отклик-процедур существует распределение вероятностей  $p_1, p_2, \dots, p_n$ .

Каждое распределение подчинено ограничениям  $0 \leq p_j \leq 1$  ( $j = 1, 2, \dots, n$ ),  $\sum_{j=1}^n p_j = 1$ , т.е. определяется совокупностью  $n-1$  измерений как, так называемый

$(n-1)$ -мерный симплекс. Если построить декартову систему координат  $p_1, p_2, \dots, p_{n-1}$ , то такой гипертетраэдр явится результатом пересечения положительного гипероктанта гиперплоскостью  $\sum_{j=1}^n p_j = 1$ , отсекающей на каждом из осей отрезок, равный единице. Часть этой гиперплоскости при  $0 \leq p_j \leq 1$ , является «крышей» гипертетраэдра. Каждая точка поля распределений удовлетворяет неравенству

$$\sum_{j=1}^n p_j \leq 1, \quad (3.2.1)$$

при 
$$p_j \geq 0 \quad (3.2.2)$$

Каждая вершина гипертетраэдра соответствует достоверному осуществлению одной из  $n$  отклик-процедур, каждая другая точка гипертетраэдра – одному из распределений вероятностей состояний и, наоборот, каждому распределению соответствует одна, и только одна, точка гипертетраэдра. При  $n=1$  – гипертетраэдр вырождается в точку. Рассмотренным выше понятиям множества отклик-процедур и множества распределений удобно дать общее название, например, множества  $G$  векторов, характеризующих состояние качества ПАК при районировании отклик-процедур улучшения или, короче, множества векторов состояния. Каждому элементу множества  $G$  соответствует полный набор исходных данных, т.е. полное знание фактического состояния (результатов оценки качества) ПАК Data-центра, что обеспечивает отыскание наилучшей отклик-процедуры его улучшения. Неполноте исходных данных (частичному незнанию) соответствует задание не элемента, а подмножества, содержащего в числе прочих элемент, соответствующий фактическому состоянию (распределению). По мере увеличения размеров этого подмножества условия задачи становятся все более неопределенными, расплывчатыми. Неопределенность сведений достигает своего максимума, иначе говоря, имеется полное незнание, когда в качестве исходных данных можно указать лишь на подмножество, совпадающее со всем множеством векторов состояния.

Под районированием множества отклик-процедур улучшения ПАК Data-центра следует понимать математическую операцию разбиения множества векторов состояния на части (районы), в каждой из которых определена соответствующая отклик-процедура. Районирование возникает в результате обращения задачи параметрического программирования. В прямой задаче, параметрического программирования аргумент – вектор состояния, функция – отклик-процедура улучшения, в обратной задаче аргумент – отклик-процедура, функция – часть множества векторов состояния, в которой эта отклик-процедура наиболее приоритетна. Районирование состоит в решении обратной задачи параметрического программирования для всех отклик-процедур улучшения определенного класса  $A$ . В операции районирования участвуют, таким образом, класс действий  $A$ , множество векторов состояния  $G$  и некоторый возможный показатель эффективности  $u$ . Любые изменения в классе  $A$ , множестве  $G$  и показателе  $u$  приводят к другому районированию.

Таким образом, районирование состоит в разбиении множества векторов состояния  $G$  на непересекающиеся множества  $G_i^k$ , в каждом из которых определенная отклик-процедура слабо доминирует над остальными действиями класса  $A$ . Для случая с конечным числом отклик-процедур и несчетным множеством векторов состояния, к которому относится вариант с улучшением ПАК Data-центров, свойственна устойчивость решений: при незначительном изменении состояния разработки или распределения вероятностей состояний, влекущем за собой изменение показателя эффективности, решение об использовании отклик-процедуры  $A_i$  остается неизменным, пока соответствующий вектор состояния  $x$  перемещается по одному и тому же множеству  $G_i^k$ . При дальнейшем перемещении вектор состояния, соответствующий фактической оценке качества, может перейти в множество отклик-процедур следующего этапа разработки и вызвать необходимость изменения решения, поскольку прежнее решение больше не обеспечивает достижения максимально возможной эффективности улучшения. При этом должны быть учтены возможные потери в эффективности, связанные с самим изменением решения. Устойчивость такого решения

показывает, что часто предъявляемое требование полного знания влияния отклик-процедуры улучшения на текущее состояние ПАК (вектор состояния) чрезмерно: для точного выбора отклик-процедуры, необходимы лишь сведения, позволяющие определить, к какому из множеств  $G_i^k$  относится фактически полученная оценка качества текущей версии разрабатываемого программно-аппаратного комплекса. Если исходные данные настолько грубы, что можно указать лишь на группу множеств, к которым они относятся, то точный выбор не обеспечивается, но во многих случаях возможен приближенный выбор отклик-процедуры, при котором максимальные потери эффективности не превосходят заданного допустимого предела.

Как правило, после районирования необходимо представить результаты, в виде определенных правил быстрого выбора той или иной отклик-процедуры улучшения по совокупности соответствующих показателей оценки, по которым для ПАК Data-центра получены низкие значения качества, и этим облегчить их практическое применение.

В конечном итоге, выбор соответствующей отклик-процедуры улучшения сведется к проецированию результатов оценки качества ПАК Data-центра по  $m$ -показателям (осям) на искомый гипертетраэдр, характеризующий предпочтительность различных отклик-процедур относительно улучшаемых показателей. Попадание точки этой проекции в соответствующий той или иной отклик-процедуре район определяет выбор этой процедуры улучшения ПАК Data-центра.

Описанный выше методический аппарата районирования отклик-процедур улучшения ПАК Data-центра, используемый с целью определения (выбора) наилучшей из них на данном этапе технологического процесса создания, требует пояснения на отдельном практическом примере. Очевидно, что пояснение на полноразмерной сети показателей, требующее построения гипертетраэдра в  $n$ -мерном пространстве показателей, не позволяет наглядно пояснить существо предлагаемой методики районирования. Учитывая, тот факт, что разрабатываемая методика, предполагает возможность работы не только со всей сетью пока-

зателей, но и с выделяемыми в ее составе графами недостатков или совокупностью сводных показателей с  $k$ -ого уровня сети, следует рассмотреть варианты районирования по двум и по трем показателям, как по наиболее типовым вариантам декомпозиции показателей, имеющих графическую интерпретацию.

Пусть в составе сети показателей оценки качества ПАК Data-центра выделена следующая последовательность декомпозиций сводных показателей, представленная на Рисунке 3.2.2.

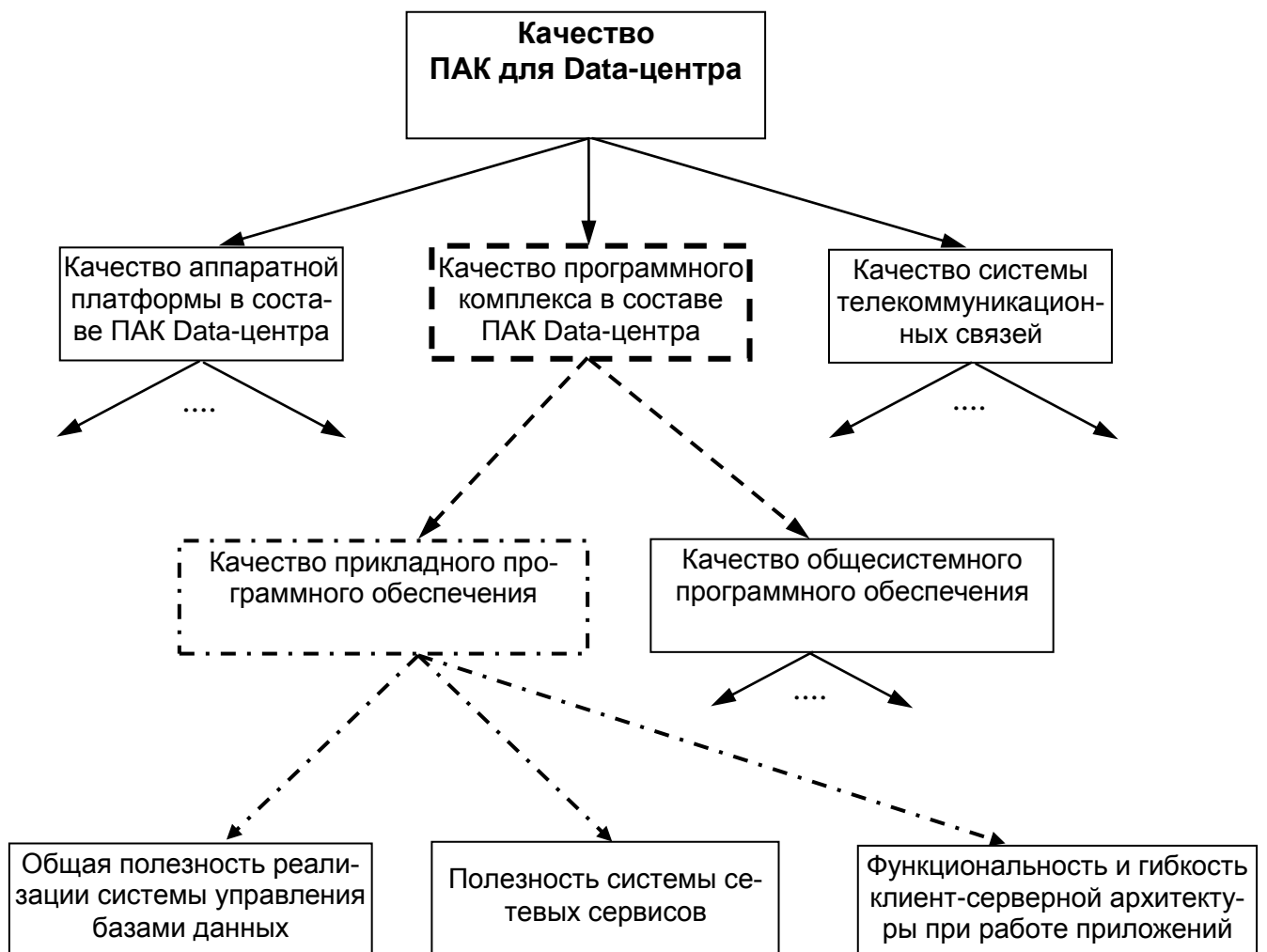


Рисунок 3.2.2 – Последовательность декомпозиций сводных показателей, вычлененная из сети показателей для анализа по методу районирования

Первоначально поясняющий пример приведен для декомпозиции сводного показателя «Качество прикладного программного обеспечения». Тогда, в соответствии с методом районирования показателями, характеризующими выявленную аномалию или состояние разработки ПАК Data-центра, будут:



- $q_1$  - общая полезность реализации системы управления базами данных;
- $q_2$  - полезность системы сетевых сервисов;
- $q_3$  - функциональность и гибкость клиент-серверной архитектуры при работе приложений.

Пусть так же в примере принято, что в данный момент реализуется этап концептуального проектирования конкретного образца ПАК для Data-центра. Это позволяет выбрать перечень типовых стратегий ( $y_1, \dots, y_5$ ) из Таблицы 3.1.1., среди которых осуществляется выбор. Априорно эксперты определили (для чего могут использоваться самые различные методы обработки экспертной информации) вектора состояний, характеризующие доминирование определенных отклик-процедур над остальными отклик-процедурами данного этапа в их базисном перечне. Тогда, учитывая, что в данном примере показатели  $q_1, q_2, q_3$  - однородные и имеют соответственно оценки на шкале  $[0,1]$ , на основании аксиоматики аппарата метода районирования можно получить искомые вектора с числовыми значениями, представленными в Таблице 3.2.2. Далее анализируется приведенная последовательность с использованием математического аппарата непосредственного решения задачи районирования, детально описанным в [49].

Анализ сводится к расчету граничных значений (границ) районов (областей) предпочтительности  $\{\Omega_j^s\}$  реализации отклик-процедур относительно рассматриваемых показателей  $q_i$  для каждого варианта процедуры улучшения. Граничные точки районов, определяющие их границы, рассчитываются через систему условий предпочтительности для каждой  $j$ -го варианта отклик-процедуры, состоящую из неравенств вида [3,49]:

$$\sum_{i=1}^m k_i (y_{pi} - y_{ij}) \leq 0 \quad (3.2.3)$$

где:  $m$  - размерность задачи, т.е. количество анализируемых показателей;

$k_i$  - коэффициент важности  $i$ -го показателя в композиции показателей;

$y_{pi}$  - значение оценки  $p$ -го варианта отклик-процедуры по  $i$ -му показателю;

$y_{ij}$  - значение оценки  $j$ -го варианта отклик-процедуры, анализируемого на предпочтительность по отношению к остальным, по влиянию на прирост качества по  $i$ -му показателю;

$j$  - номер анализируемого (текущего) варианта отклик-процедуры улучшения;

$p$  - номер варианта отклик-процедуры, относительно которого определяется предпочтительность.

Таблица 3.2.2 – Числовые значения сравниваемых векторов состояний

	$q1$	$q2$	$q3$
$y1$	0.01	0.21	0.11
$y2$	0.08	0.48	0.97
$y3$	0.18	0.32	0.26
$y4$	0.13	0.66	0.48
$y5$	0.29	0.52	0.54

После определения граничных точек  $B_j$  районов  $\Omega_j^5$  относительно показателей  $\langle q_i \rangle$  через описанные системы неравенств (см. [49]) с нормирующим равенством

$$\sum_{i=1}^m q_i = 1 \quad (3.2.4)$$

для рассматриваемого примера получены результаты (Таблица 3.2.3).

Точки  $B_1...B_5$  являются вершинами областей (районов) предпочтительности  $\Omega_j^5$ ,  $j = 1,2,3,4,5$ . Расположение областей в пространстве возможных значений показателей оценки  $\langle q_i \rangle$  для данного примера показано на Рисунке 3.2.3. Гипертетраэдр, приведенный на Рисунке 3.2.3., дает наглядное представление о том, реализация какой отклик-процедуры априорно предпочтительней для более эффективного улучшения качества конкретного образца ПАК для Data-центра по соответствующим показателям.

Таблица 3.2.3 – Границы районов (областей) предпочтительности отклик-процедур

Районы	$\Omega_1^5$			$\Omega_2^5$			$\Omega_3^5$			$\Omega_4^5$			$\Omega_5^5$		
	$q_1$	$q_2$	$q_3$	$q_1$	$q_2$	$q_3$	$q_1$	$q_2$	$q_3$	$q_1$	$q_2$	$q_3$	$q_1$	$q_2$	$q_3$
<b>B<sub>1</sub></b>	0,336	0,076	0,588	0,011	0,52	0,431	0,012	0,211	0,792	0	1	0	1	0	0
<b>B<sub>2</sub></b>				0,289	0,123	0,632	0,3	0,081	0,589	0,612	0,37	0,009	0	0	1
<b>B<sub>3</sub></b>				0,361	0,181	0,281	0,002	0,46	0,51	0,011	0,471	0,462	0,009	0,182	0,809
<b>B<sub>4</sub></b>										0,374	0,311	0,286	0,588	0,4	0,007
<b>B<sub>5</sub></b>													0,015	0,191	0,796

Так, например, область (район)  $\Omega_1^5$  соответствует первой отклик-процедуре улучшения и, следовательно, при рассматриваемых показателях она не позволяет добиться прироста качества и не может быть предпочтительнее других. Так же очевидно, что наибольший прирост качества могут обеспечить отклик-процедуры соответствующие районам  $\Omega_4^5$  и  $\Omega_5^5$  при доминировании соответствующих им показателей (Соответственно:  $q_2$  - для четвертой отклик-процедуры,  $q_1$  и  $q_3$  - для пятой отклик-процедуры.) Следовательно, вторая и третья отклик-процедуры являются компромиссными.

Данная схема показывает приоритетность отклик-процедур относительно показателей оценки  $q_1$ ,  $q_2$ ,  $q_3$  и безотносительно текущего состояния оцениваемого проекта.

Тогда, если выбор отклик-процедуры улучшения ПАК для Data-центра производится на данных показателях  $q_1$ ,  $q_2$ ,  $q_3$ , лицо осуществляющее выбор откладывает по осям-показателям текущие значения оценок и выбирает ту отклик-процедуру, которая позволяет обеспечить больший прирост качества по более приоритетным показателям (приоритет-вес показателя определяется в рамках метода, описанного в гл.2), либо по показателям имеющим недопустимо низкие значения.

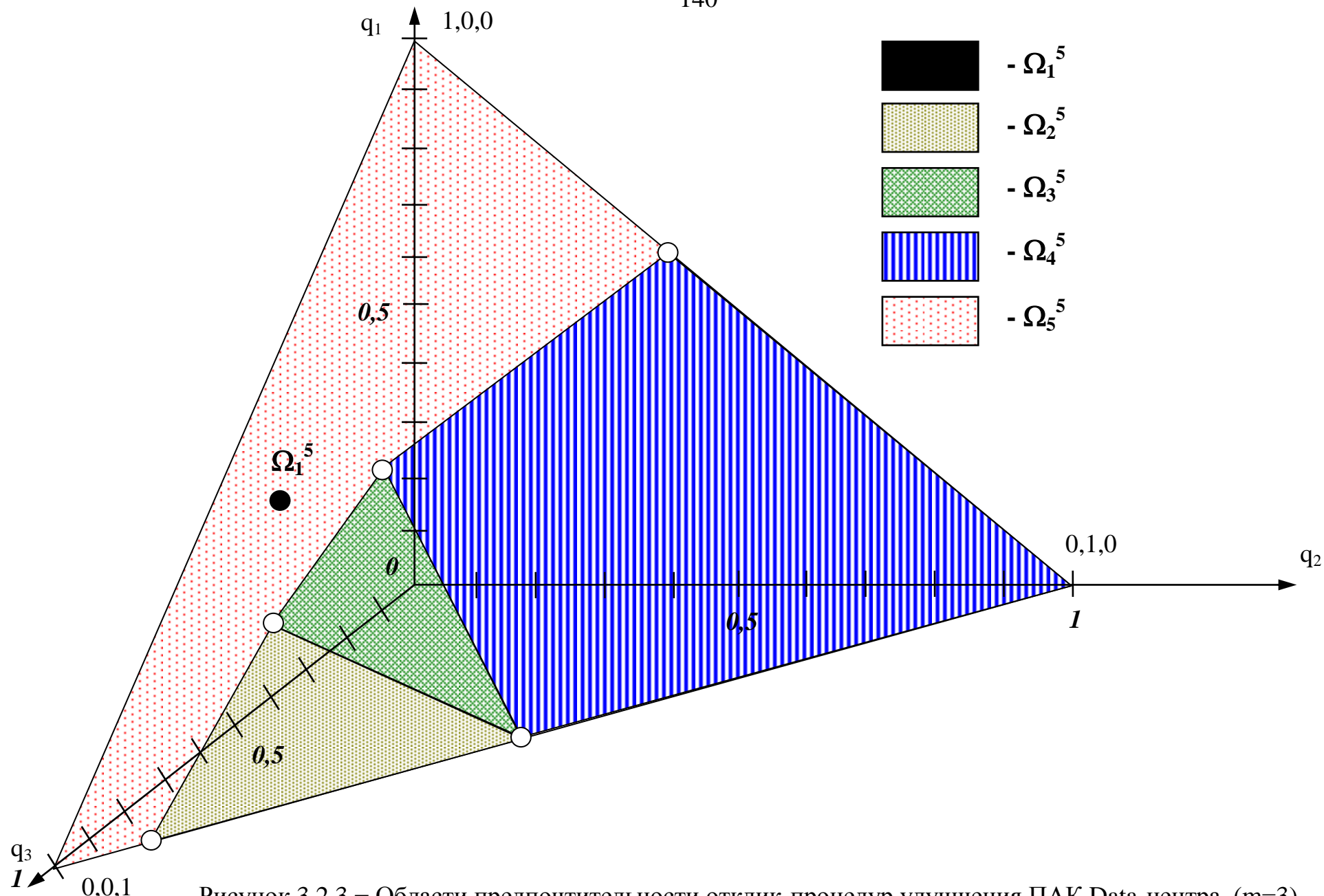


Рисунок 3.2.3 – Области предпочтительности отклик-процедур улучшения ПАК Data-центра (m=3)

Аналогично получены результаты для двухкомпонентной декомпозиции показателя «Качество программного комплекса в составе ПАК Data-центра», представленные на Рисунке 3.2.4. В рамках декомпозиции этого показателя рассматривались более сводные показатели (Рисунок 3.2.2.):

$q_4$  – качество прикладного программного обеспечения;

$q_5$  - качество общесистемного программного обеспечения.

При  $m=2$  полем районирования служит прямоугольный треугольник, в который вырождается искомый гипертетраэдр, характерный для более многомерных случаев, что делает районирование более наглядным. Аналогично первоначальному поясняющему примеру поле районирования разбивается на области (районы) предпочтительности. При этом, возможны возникновения участков-перекрытий, характерных для нестроого определения приоритетности отклик-процедур улучшения, как это показано на Рисунке 3.2.4.

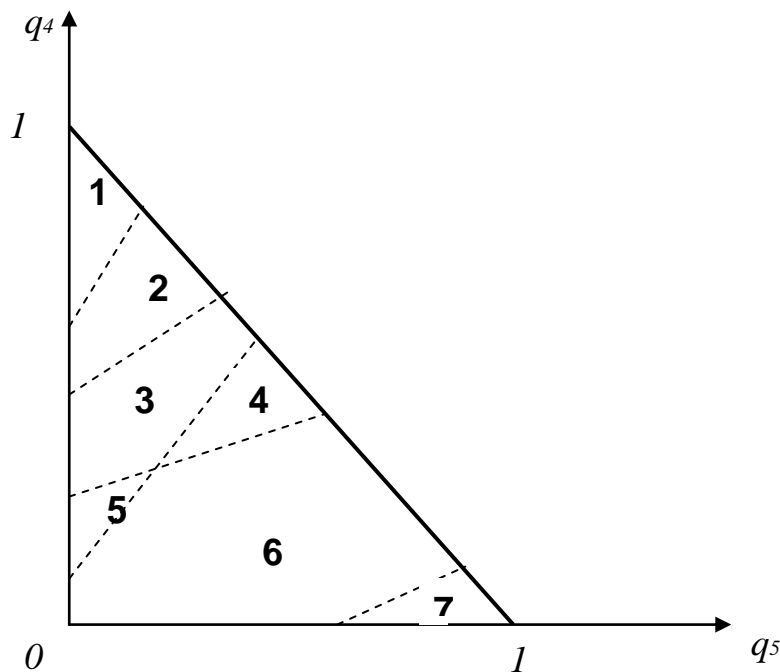


Рисунок 3.2.4 – Районирование отклик-процедур улучшения при нестрогом определении приоритетности

В частности, на Рисунке 3.2.4. показаны все пять границ, разбившие поле векторов состояний на семь участков. Участки 4 и 5 являются следствием не стро-

гости в определении векторов состояний. При такой ситуации, для выработки более строгих результатов районирования применяется подметод математического метода районирования – метод контрольной точки, детально описанный в [49]. Он позволяет получить результаты районирования в варианте удобном для выбора отклик-процедуры улучшения ПАК для Data-центра, что показано на Рисунке 3.2.5. (т.е. для данного примера, позволяет отнести участки 4 и 5 к району  $\Omega_4^5$ ).

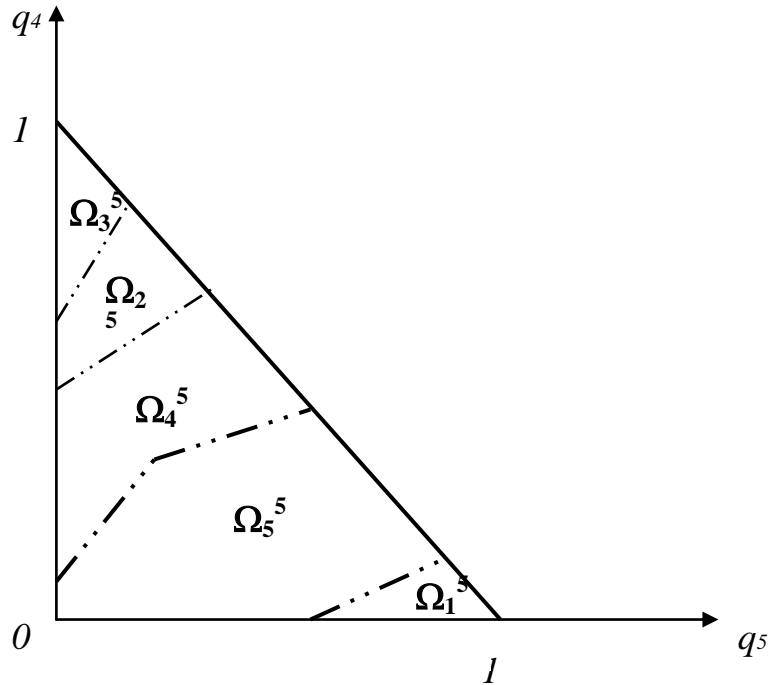


Рисунок 3.2.5 – Области предпочтительности отклик-процедур улучшения ПАК для Data-центра ( $m=2$ )

Типичный вариант выбора отклик-процедуры улучшения качества ПАК для Data-центра при  $m=2$  позволяет наиболее наглядно показать существование самого принятия решения о том, какую отклик-процедуру следует принять при рассматриваемой композиции улучшаемых показателей. Так, пусть в рассматриваемом примере, в результате оценки качества ПАК для Data-центра получены следующие оценки по показателям:  $q_4=0,7$ ,  $q_5=0,2$ , определенным на нормированной непрерывной шкале  $[0,1]$ . Данные значения откладываются по осям-показателям, и образованная прямоугольная область достигнутого качества

разработки накладывается на поле районирования отклик-процедур улучшения качества, что показано на Рисунке 3.2.6.

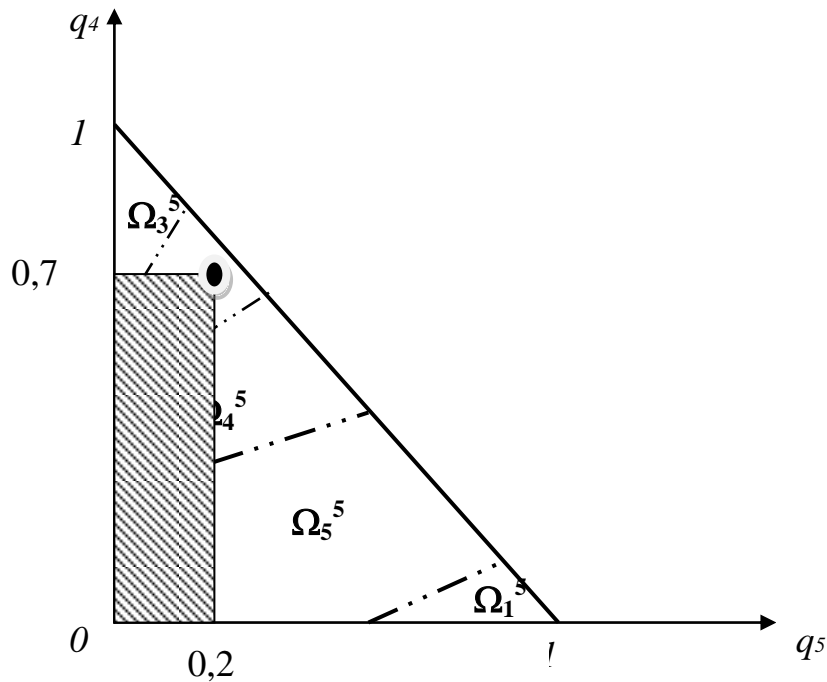


Рисунок 3.2.6 – Графическая интерпретация принятия решения о выборе отклик-процедуры улучшения при  $m=2$ ,  $q_4=0,7$ ,  $q_5=0,2$

Решение о лучшей отклик-процедуре улучшения принимается на основании положения точки  $(0,2; 0,7)$  относительно выявленных районов и на основании имеемой информации о приоритетах важности (весе) показателей  $q_4$  и  $q_5$  в соответствующем сводном показателе. Так, в частности, в данном примере (Рисунок 3.2.6) при относительной равнозначности (равноважности) показателей  $q_4$  и  $q_5$  следует принимать отклик-процедуру соответствующую району  $\Omega_5^5$ , так как это обеспечит гармоничный прирост качества в целом, с приоритетом по показателю  $q_5$ , по которому значение качества изначально низкое. В случае если вес показателя  $q_5$  значительно выше показателя  $q_4$ , то следует принять отклик-процедуру соответствующую району  $\Omega_1^5$ , т.к. это обеспечит скорейший прирост качества по соответствующему сводному показателю и позволит повысить аномально низкое значение  $q_5=0,2$ . Если же, показатель  $q_4$  имеет исключительно высокую важность (вес) и совершенствование именно по этому показателю

телю ускорит прирост качества соответствующего сводного показателя, то необходимо принимать отклик-процедуру соответствующую району  $\Omega_3^5$ . Остальные стратегии при таких оценках носят компромиссный характер.

Аналогично строятся рассуждения о принимаемой отклик-процедуре и при других соотношениях оценок текущего качества ПАК для Data-центра. Например, при  $q_4 = 0,1$ ,  $q_5 = 0,8$ , область достигнутого качества примет вид показанный на Рисунке 3.2.7.

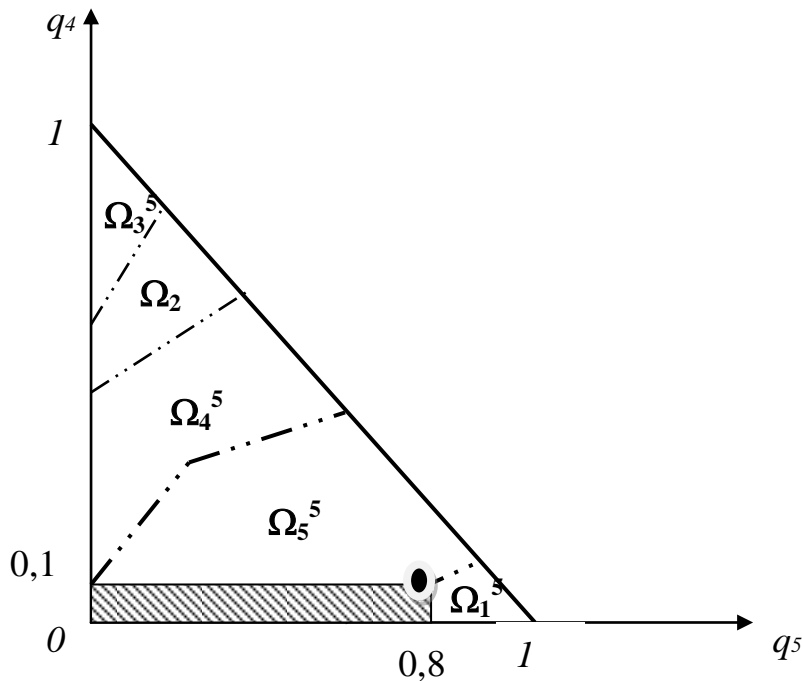


Рисунок 3.2.6 – Графическая интерпретация принятия решения о выборе отклик-процедуры улучшения при  $m=2$ ,  $q_4 = 0,7$ ,  $q_5 = 0,2$

Тогда результаты принятия решения можно формально представить так:

- если  $q_4 \succ q_5$ , то следует принимать отклик-процедуру соответствующую  $\Omega_3^5$  или  $\Omega_2^5$ ;
- если  $q_4 \prec q_5$ , то следует принимать отклик-процедуру соответствующую  $\Omega_1^5$ ;
- если  $q_4 \approx q_5$ , то следует принимать отклик-процедуру соответствующую  $\Omega_4^5$ .

В данном случае компромиссный характер будет носить стратегия  $\Omega_5^5$ .



Согласно описания математического аппарата в [3,4,49] районирование может осуществляться и по количеству показателей  $m > 3$ , но такие случаи не имеют графической интерпретации и недостаточно наглядны для представления результатов исследования.

Таким образом, экспликация математического аппарата метода районирования на предметную область обоснованного выбора отклик-процедур улучшения качества ПАК для Data-центров позволяет предложить соответствующую методику, обеспечивающую интерпретацию результатов оценки качества проектов указанных комплексов.

### 3.2.3. Последовательность шагов определения отклик-процедур улучшения качества ПАК Data-центров

Исходное множество отклик-процедур улучшения качества ПАК Data-центров связано с показателями, набор значений которых определяет собой одну или несколько выявленных аномалий качества. Каждая из отклик-процедур улучшения качества ПАК Data-центров (каждый элемент множества) может быть представлена в виде некоторой области состояний указанных ПАК – пространства или части пространства с числом измерений, равным числу  $m$  показателей, характеризующих выявленную аномалию или состояние разработки. Физическая сущность значений показателей, общее их число  $m$  и пределы изменения каждого из них зависят от текущего состояния проектирования и разработки ПАК Data-центров. В некоторых случаях близкие состояния могут считаться практически неразличимыми и заменяться одним состоянием определенного типа. В результате такой типизации множество состояний приближенно заменяется совокупностью конечного числа  $n$  состояний.

Пусть каждой отклик-процедуре  $s_i$   $i \in 1, n$  соответствует определенный набор показателей качества из множества  $Q = \{q_j\}$   $j \in 1, m$ . Тогда, каждой отклик-процедуре улучшения качества ПАК Data-центров соответствует подмножество

$Q^i$  множества  $Q$ , которое в общем виде представляется следующим множеством

$$Q^i = \{q_j^i\} \quad (3.2.5)$$

Необходимо отметить, что множество  $Q^i$  может включать не все элементы множества  $Q$ . Очевидно, что набор  $\{q_j^i\}$  представляет собой некоторое сечение  $m$ -мерного пространства, соответствующее  $i$ -ой отклик-процедуре улучшения качества ПАК Data-центров.

Таким образом, в целом, при наличии  $n$  отклик-процедур улучшения качества ПАК Data-центров можно получить  $n$  сечений  $m$ -мерного пространства критериев указанного качества.

Разработанный в главе 2 метод оценки качества ПАК Data-центров позволяют получить оценки качества на множестве критериев  $Q$ . Эти оценки показателей качества создаваемого ПАК представляют собой некоторую точку в пространстве критериев  $Q^p = \{q_j^p\}$ . Анализ положения этой точки относительно сечений, соответствующих отклик-процедурам улучшения качества ПАК Data-центров, позволяет определить оптимальную отклик-процедуру по выбранному критерию.

Определение критерия выбора оптимальной отклик-процедуры улучшения качества ПАК Data-центров является отдельной задачей, не рассматриваемой в настоящей работе.

Для построения последовательности шагов методики в работе принято в качестве метрики евклидово расстояние от точки до сечения, тогда в качестве критерия выбора оптимальной отклик-процедуры улучшения качества ПАК Data-центров может быть выбрана та процедура  $S_k^*$ , расстояние до сечения которой минимально от точки, характеризующей состояние проектируемого и формируемого ПАК Data-центра, т. е

$$S_k^* = \min\{d_i^p\} \quad (3.2.6)$$

где:  $i$  – сечение критериального пространства, характеризующего  $i$ -ю отклик-процедуру улучшения качества ПАК Data-центра;

$d_i^p$  – расстояние от точки, характеризующей оценку разрабатываемого ПАК Data-центра по критериям множества  $Q$ .

Рассмотренный подход позволяет на основе разработанного метода оценки качества ПАК Data-центров выбрать оптимальную по заданному критерию отклик-процедуру улучшения их качества для отдельных этапах проектирования и создания.

В рассмотренном подходе не рассмотрен вопрос получения сечений, характеризующих отклик-процедуры улучшения качества ПАК Data-центров. Для решения данной задачи предлагается использовать информацию об уже разработанных проектах ПАК Data-центров, по которым должны быть получены оценки на критериальном пространстве, характеризующем качество этого вида ПАК.

Шаг 1. Формирование параметров, характеризующих отклик-процедуры улучшения на критериальном пространстве качества ПАК Data-центров

Сложность указанного формирования связана с тем, что идеального набора параметров качества, характеризующих каждую отклик-процедуру заранее определить невозможно, поскольку на это оказывает влияние множество других факторов, оценка которых заранее не может быть определена. Пусть для отклик-процедур существует набор вариантов оценок критериев качества ПАК Data-центров, тогда каждая отклик-процедура характеризуется как показано в Таблице 3.2.4.

Таблица 3.2.4 – Набор вариантов оценок качества ПАК для отклик-процедур

Номер варианта	$q_1$	$q_2$	$q_3$	.....	$q_m$
1	$q_{11}$	$q_{12}$	$q_{13}$	.....	$q_{1m}$
2	$q_{21}$	$q_{22}$	$q_{23}$	.....	$q_{2m}$
3	$q_{31}$	$q_{32}$	$q_{33}$	.....	$q_{3m}$
....	.....	.....	.....	.....	.....
$k$	$q_{k1}$	$q_{k2}$	$q_{k3}$	.....	$q_{km}$

Из Таблицы 3.2.4. видно, что каждая строка представляет собой некоторое сечение  $m$ - мерного пространства, причем эти сечения характеризуют одну отклик-процедуру. Наличие различных наборов оценок критериев может служить характеристикой неточности оценок.

Для обработки данных приведенных в таблице 3.2.4. принимается, что критерии имеют линейную зависимость, тогда сечение, характеризующее отклик-процедуру можно представить следующим выражением:

$$a_0 + q_{i1}a_1 + q_{i2}a_2 + \dots + a_m q_{im} = a_0 + \sum_{j=1}^m q_{ij}a_j = 0 \quad (3.2.7)$$

где  $a_j$  – коэффициенты линейной регрессии.

Используя метод наименьших квадратов для оценки коэффициентов регрессионной модели  $a_j$ , на основе избыточного количества вариантов проектов (вариантов реализации) ПАК Data-центров в матричном виде можно получить оценки коэффициентов

$$\bar{A} = Q_m^{-1} \quad (3.2.8)$$

где  $\bar{A}$  - оценки вектора коэффициентов;

$$Q_m = \begin{pmatrix} q_{11} & \dots & q_{1m} \\ \dots & \dots & \dots \\ q_{k1} & \dots & q_{km} \end{pmatrix} - \text{матрица, характеризующая значения критериев каче-}$$

ства ПАК Data-центров для различных вариантов отклик-процедур;

$Q_m^{-1}$  - матрица, обратная матрице  $Q_m$ .

С учетом полученных оценок коэффициентов регрессии при наличии расчетных параметров критериев качества уравнение сечения для отклик-процедуры представляется выражением:

$$\bar{a}_0 + q_1\bar{a}_1 + q_2\bar{a}_2 + \dots + \bar{a}_m q_m = 0 \quad (3.2.9)$$

где  $\bar{a}_0, \bar{a}_i$  - оценки коэффициентов линейной регрессии, рассчитанные по методу наименьших квадратов.

## Шаг 2. Реализация выбора отклик-процедуры улучшения качества ПАК Data-центров

Учитывая подход и последовательность шагов оценки регрессионных коэффициентов, характеризующих параметры сечения конкретной отклик-процедуры, становится возможным рассмотреть последовательность действий опосредованного определения (выбора) отклик-процедуры улучшения качества ПАК Data-центров.

Данный шаг состоит из следующей последовательности действий:

1. Формирование оценок вариантов критериев качества для каждой отклик-процедуры.

При решении данной подзадачи могут быть учтены имеющиеся данные об уже созданных ПАК Data-центров (в этом случае должны быть получены соответствующие экспертные оценки специалистов). Таким образом, для каждой отклик-процедуры получается набор конкретизированных значений вида Таблицы 3.2.4. Формально можно представить такую таблицу для каждой отклик-процедуры в виде матрицы следующего вида:

$$Q_m^i = \begin{pmatrix} q_{11}^i & \dots & q_{1m}^i \\ \dots & \dots & \dots \\ q_{k1}^i & \dots & q_{km}^i \end{pmatrix} \quad (3.2.10)$$

где  $i$  – номер отклик-процедуры.

Тогда, в результате получается множество матриц вида 3.2.10:

$$Q^* = \{Q_m^i\}_{i=1..n} \quad (3.2.11)$$

2. Оценка параметров коэффициентов линейной регрессии для построения сечения отклик-процедуры в критериальном пространстве качества ПАК Data-центра.

В результате реализации данного действия для каждой отклик-процедуры формируется оценка коэффициентов в соответствии с выражением (3.2.8), характеризующих уравнение сечения, отвечающего за конкретную отклик-

процедуру. Оценки этих коэффициентов представимы в виде следующей матрицы:

$$\bar{A}^* = \begin{pmatrix} a_0^1 & \dots & a_0^i & \dots & a_0^n \\ \dots & & \dots & & \dots \\ a_m^1 & \dots & a_m^i & \dots & a_m^n \end{pmatrix} \quad (3.2.12)$$

Таким образом, каждый столбец матрицы  $\bar{A}^*$  представляет оценки коэффициентов уравнения сечения, характеризующего одну отклик-процедуру.

3. Вычисление значений критериев качества ПАК Data-центра на основе предложенного в настоящей работе метода оценки качества.

В результате этого действия получается оценка текущего состояния качества ПАК Data-центра по разработанным показателям и критериям, т.е. в том же критериальном пространстве, в котором построены сечения отклик-процедур улучшения качества ПАК Data-центров. Значения критериев, по которым произведена оценка разрабатываемого ПАК Data-центра характеризует точку  $Q^p = \{q_j^p\}_{j=1..m}$  в  $m$ - мерном критериальном пространстве.

4. Выбор показателя выбора и вычисление критерия, обеспечивающего принятие решения по заданному показателю.

Как было указано выше, в качестве критерия выбора принят критерий минимального расстояния, поэтому показателем является расстояние от точки, характеризующей качество разрабатываемого ПАК Data-центра до сечений, характеризующих отклик-процедуры. Таким образом, в результате вычислений будет получено множество расстояний от точки  $Q^p$  до каждого сечения отклик-процедур улучшения качества ПАК Data-центра:

$$D = \left\{ \begin{matrix} d_1^p \\ \dots \\ d_n^p \end{matrix} \right\} \quad (3.2.13)$$

Необходимо отметить, что в случае выбора другого критерия выбора, соответственно должен быть определен и другой показатель вместе с соответствующими методами измерений, расчета.

5. Выбор оптимальной отклик-процедуры улучшения качества ПАК Data-центра по заданному критерию выбора.

Как было указано выше оптимальной отклик-процедурой улучшения качества ПАК Data-центра на текущем этапе является такая, для которой расстояние от точки текущего состояния качества до сечения, характеризующего эту отклик-процедуру, является минимальным, согласно (3.2.6).

6. Определение точки сечения отклик-процедуры, характеризующей проекцию точки оценки текущего качества ПАК Data-центра на сечение и вычисление критериев качества проектируемого и формируемого ПАК в этой точке.

7. Оценка показателей качества и принятие решения о реализации данной отклик-процедуры или о выборе другой отклик-процедуры улучшения качества ПАК Data-центра.

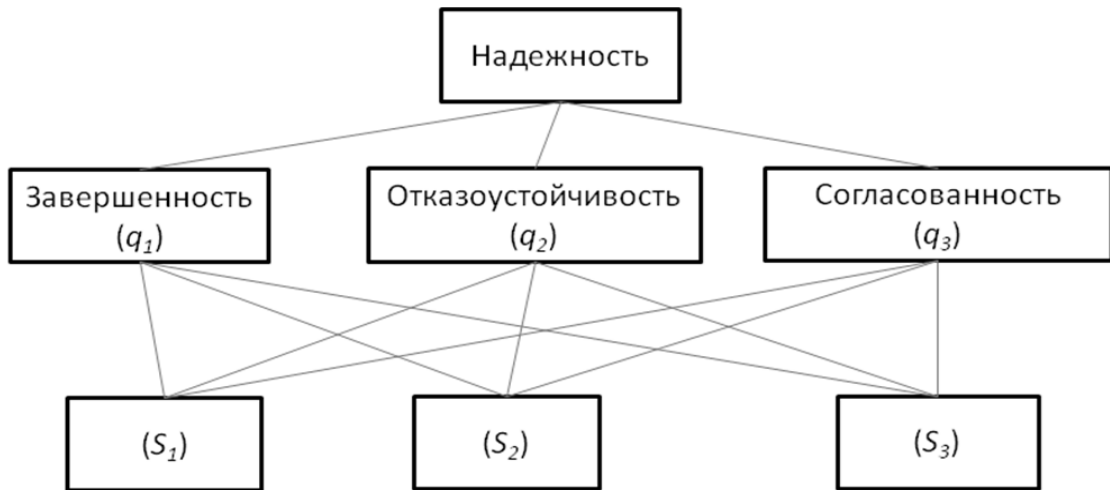
Таким образом, представленная реализация выбора отклик-процедуры улучшения качества ПАК Data-центров позволяет осуществить указанный выбор на любом этапе проектирования на основе оценки различных вариантов изменения параметров качества описываемых ПАК для каждой отклик-процедуры или на основе оценки различных уже существующих ПАК Data-центров аналогичных масштабов, назначения и архитектуры.

### Шаг 3. Апробация реализации для трехмерного пространства критериев

Выбор трехмерного пространства критериев определяется наглядностью представления результатов. С целью дальнейшего упрощения примера далее рассматривается иерархия показателей качества, представленная на Рисунке 3.2.7, состоящую из трех уровней. С учетом приведенных упрощений иерархическая схема связи показателей качества с отклик-процедурами может представлена так, как показано на Рисунке 3.2.7.

При построении данной сети принято, что в данный момент реализуется этап формирования и комплексирования образца ПАК Data-центра. Это позво-

ляет выбрать перечень типовых отклик-процедур ( $S_1, \dots, S_3$ ) из Таблицы 3.2.1., среди которых осуществляется выбор.



Отклик-процедуры:

$S_1$  - Перепрограммирование ПО на другом языке и среде разработки;

$S_2$  - Перекомбинирование и реорганизация различных частей ПАК;

$S_3$  - Поиск иных форм реализации программного взаимодействия ППО .

Рисунок 3.2.7 – Построение частной иерархии показателей качества для выбора отклик-процедур (пример)

Пусть для каждой отклик-процедуры получены различные наборы оценок показателей, т.е. для каждой отклик-процедуры получены следующие экспертные оценочные данные вариантов ПАК Data-центра, характеризующихся различными наборами значений показателей качества. Эти наборы сведены в приведенных ниже Таблицах 3.2.5. -3.2.7. (матрицы  $Q_m^i$ ).

Таблица 3.2.5 – Набор оценочных данных по отклик-процедуре  $S_1$

№ варианта	Наименование показателей		
	$q_1$	$q_2$	$q_3$
1	0,2	0,5	0,1
2	0,4	0,2	0,3
3	0,3	0,4	0,3
4	0,5	0,2	0,2

Таблица 3.2.6 – Набор оценочных данных по отклик-процедуре  $S_2$

№ варианта	Наименование показателей		
	$q_1$	$q_2$	$q_3$
1	0,6	0,3	0,4
2	0,8	0,8	0,2
3	0,5	0,5	0,6
4	0,7	0,5	0,3



Таблица 3.2.7 – Набор оценочных данных по отклик-процедуре  $S_3$ 

№ варианта	Наименование показателей		
	$q_1$	$q_2$	$q_3$
1	0,1	0,2	0,5
2	0,2	0,2	0,8
3	0,1	0,3	0,9
4	0,3	0,4	0,7

Обработав наборы с использованием математического метода наименьших квадратов, становится возможным получить коэффициенты регрессии для каждой отклик-процедуры. В результате получаются векторы-столбцы коэффициентов принимающих следующие значения:

$$\bar{A}^* = \begin{pmatrix} a_0^1 & a_0^2 & a_0^3 \\ a_1^1 & a_1^2 & a_1^3 \\ a_2^1 & a_2^2 & a_2^3 \\ a_3^1 & a_3^2 & a_3^3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0,3 & 0,7 & -0,1 \\ 0,4 & 0,8 & 0,2 \\ 0,1 & 0,5 & 0,8 \\ 0,2 & 0,6 & 0,4 \end{pmatrix} \quad (3.2.14)$$

Тогда уравнения секущих плоскостей для каждой отклик-процедуры принимают вид

$$\begin{aligned} \text{для } S_1 : & \quad 0,3 + 0,4 \cdot q_1 + 0,1 \cdot q_2 + 0,2 \cdot q_3 = 0 \\ \text{для } S_2 : & \quad 0,7 + 0,8 \cdot q_1 + 0,5 \cdot q_2 + 0,6 \cdot q_3 = 0 \\ \text{для } S_3 : & \quad -0,1 + 0,2 \cdot q_1 + 0,8 \cdot q_2 + 0,4 \cdot q_3 = 0 \end{aligned} \quad (3.2.15)$$

Полученные уравнения плоскостей характеризуют области изменения показателей для улучшения качества в соответствии с каждой отклик-процедурой и их взаимную зависимость.

Далее предположим, что на основании разработанного аппарата оценки качества получена оценка текущего состояния ПАК для Data-центра, которое характеризуется следующими значениями показателей

$$Q^p = (q_{10}^p, q_{20}^p, q_{30}^p) = (0,2; 0,5; 0,6) \quad (3.2.16)$$

В соответствии с разработанной методикой определения отклик-процедур улучшения качества программно-аппаратных комплексов центров обработки и хранения данных найдем вектор  $D$ , характеризующий расстояние от точки  $Q^p$  до каждой из плоскостей, характеризующих отклик-процедуры.

Каждый элемент вектора  $D$  определяется в соответствии с выражением

$$d_i^p = \frac{\bar{a}_3^i \cdot q_{30}^p + \bar{a}_2^i \cdot q_{20}^p + \bar{a}_1^i \cdot q_{10}^p + \bar{a}_0^i}{\sqrt{(\bar{a}_3^i)^2 + (\bar{a}_2^i)^2 + (\bar{a}_1^i)^2}} \quad (3.2.17)$$

Учитывая выражение (3.2.13), получаются следующие значения расстояний до каждой плоскости

$$d_1^p = \frac{0,2 \cdot q_{30}^p + 0,1 \cdot q_{20}^p + 0,4 \cdot q_{10}^p + 0,3}{\sqrt{(0,2)^2 + (0,1)^2 + (0,4)^2}} = \frac{0,2 \cdot 0,6 + 0,1 \cdot 0,5 + 0,4 \cdot 0,2 + 0,3}{\sqrt{0,21}} = \frac{0,402}{0,458} = 0,88$$

$$d_2^p = \frac{0,6 \cdot q_{30}^p + 0,5 \cdot q_{20}^p + 0,2 \cdot q_{10}^p + 0,7}{\sqrt{(0,6)^2 + (0,5)^2 + (0,2)^2}} = \frac{0,6 \cdot 0,6 + 0,5 \cdot 0,5 + 0,1 \cdot 0,2 + 0,7}{\sqrt{0,65}} = \frac{1,33}{0,81} = 1,64$$

$$d_3^p = \frac{0,4 \cdot q_{30}^p + 0,8 \cdot q_{20}^p + 0,2 \cdot q_{10}^p - 0,1}{\sqrt{(0,4)^2 + (0,8)^2 + (0,2)^2}} = \frac{0,4 \cdot 0,6 + 0,8 \cdot 0,5 + 0,2 \cdot 0,2 - 0,1}{\sqrt{0,84}} = \frac{0,58}{0,92} = 0,63$$

Тогда вектор расстояний от точки до плоскостей отклик-процедур будет иметь следующий вид:

$$D = \begin{Bmatrix} d_1^p \\ d_2^p \\ d_3^p \end{Bmatrix} = \begin{pmatrix} 0,88 \\ 1,64 \\ 0,63 \end{pmatrix} \quad (3.2.18)$$

$$\min \{d_1^p, d_2^p, d_3^p\} = \min \{0,88; 1,64; 0,63\} = 0,63 \text{ (выбирается отклик – процедура } S_3 \text{)}$$

Т.е., в соответствии с выбранным критерием минимального расстояния будет выбрана третья отклик-процедура ( $S_3$ ) улучшения качества ПАК для Data-центра, до которого минимальное расстояние, равное 0,63.

Геометрическая интерпретация результатов выбора отклик-процедуры улучшения качества ПАК Data-центра для рассмотренного примера приведена на Рисунке 3.2.8. Для построения плоскостей рассмотрены для каждого сечения три точки, каждая из которых отличается единственной ненулевой координатой, т.е. заданы для каждого сечения следующие точки:

$$S_i^1 = (q_{1i}, 0, 0); \quad S_i^2 = (0, q_{2i}, 0); \quad S_i^3 = (0, 0, q_{3i}) \quad (3.2.19)$$

На основании выражений (3.2.15) получаются следующие значения точек для каждого сечения

$$\begin{aligned}
 S_1^1 &= (-0.75, 0, 0); & S_1^2 &= (0, -3, 0); & S_1^3 &= (0, 0, -1.5) \\
 S_2^1 &= (0.5, 0, 0); & S_2^2 &= (0, -1.4, 0); & S_2^3 &= (0, 0, -1.1) \\
 S_3^1 &= (0.5, 0, 0); & S_3^2 &= (0, 0, 125, 0); & S_3^3 &= (0, 0, 0.25)
 \end{aligned}$$

Контуры плоскостей и расстояния от точки  $Q^p$  до каждой плоскости приведены на Рисунке 3.2.8.

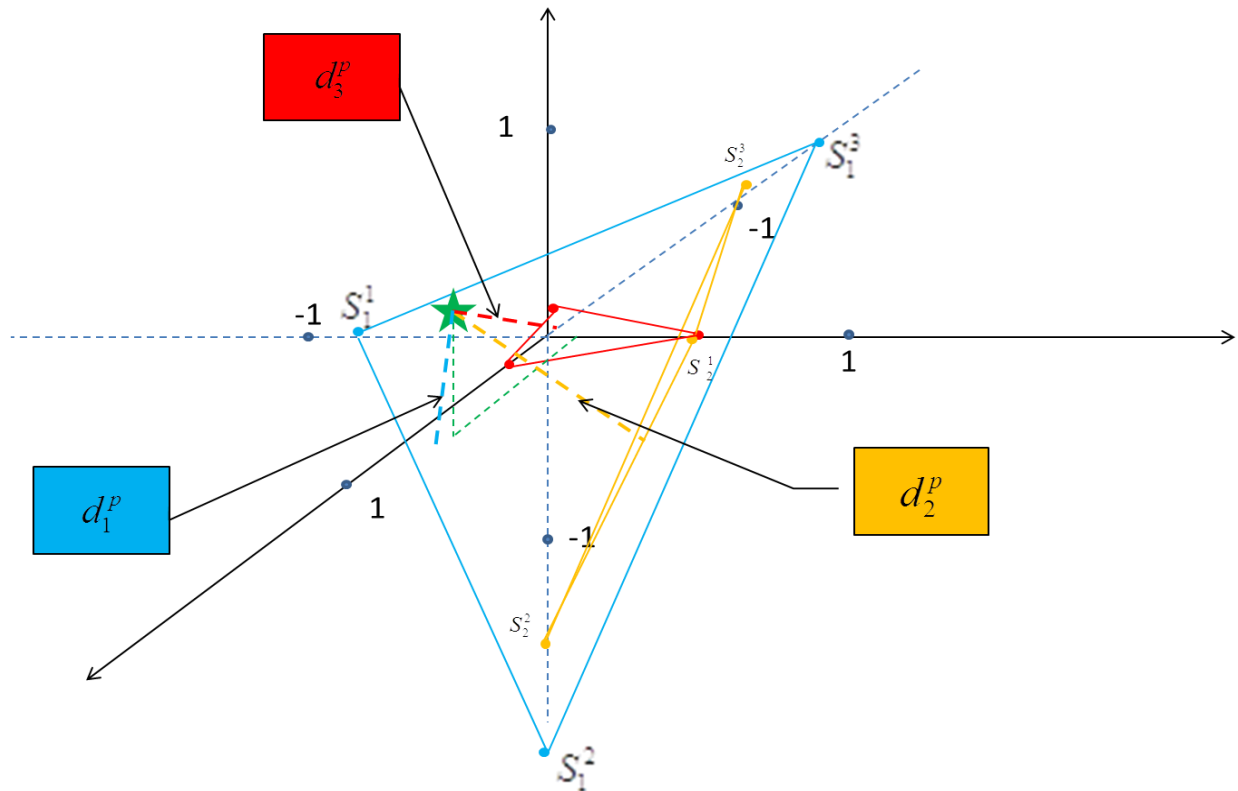


Рисунок 3.2.8 – Графическая иллюстрация примера обоснования выбора отклик-процедур улучшения качества ПАК Data-центров

Приведенная иллюстрация показывает положение точки оценки текущего состояния качества ПАК Data-центра и графически иллюстрирует предложенный аппарат определения отклик-процедур улучшения качества программно-аппаратных комплексов центров обработки и хранения данных по разработанной методике. При этом  $S_i^1$ ,  $S_i^2$ ,  $S_i^3$  - точки пересечения плоскостей с осями координат для каждого направления совершенствования, по которым построена графическая иллюстрация.

### 3.3. Оценка эффективности результатов исследования

#### 3.3.1. Схема и организация диссертационного эксперимента

Оценка эффективности разработанных в ходе диссертационного исследования научных результатов проведена в рамках эксперимента по применению предлагаемых средств оценки и улучшения качества программно-аппаратных комплексов центров хранения и обработки данных в технологическом процессе проектирования и формирования указанных ПАК. Структура эксперимента, основные контрастные альтернативы и результаты в обобщенном виде представлены на Рисунке 3.3.1. При этом преследовалась цель (цель эксперимента) – оценить обеспечиваемое улучшение качества и системности развития программно-аппаратных комплексов центров обработки и хранения данных (Data-Центров) на основе предлагаемого научно-методического инструментария в сравнении с такими традиционными средствами, как:

- система универсальных нормативно-технических документов менеджмента качества ISO. Применительно к эксперименту это: ГОСТ Р ИСО 9000-2015, ГОСТ Р ИСО 9001-2015, ГОСТ Р ИСО/МЭК 15 910-2002 и др.

- совокупность стандартов, принятых де-факто профессиональными сообществами, признаваемые в IT-отрасли при комплексировании сложных программно-аппаратных систем интегрального обслуживания, ранее описанные в этой работе: международный профессиональный стандарт BICSI 002 2010, американский, т.е. национальный, профессиональный стандарт TIA-942, модель менеджмента качества для IT-отрасли CMMI, профессиональный стандарт SPICE и др.

Эксперимент проводился в рамках технологического процесса разработки (проектирования, комплексирования и формирования) Data-центра для нужд развития модельного ситуационного центра на базе СПбГУТ им. проф. Бонч-Бруевича (Учебно-лабораторный корпус №4: Санкт-Петербург, пр. Большеви-

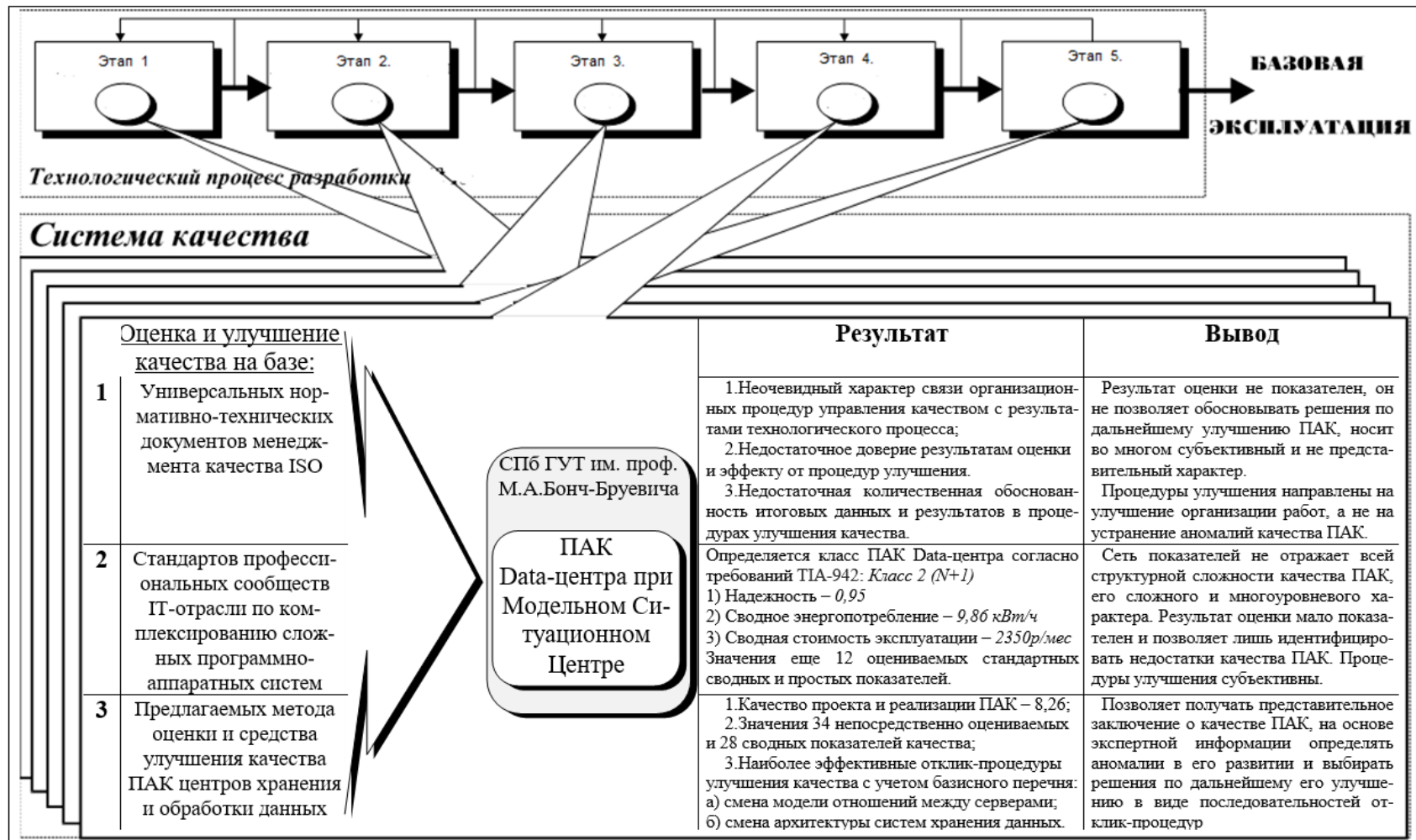


Рисунок 3.3.1 – Обобщенное представление схемы диссертационного эксперимента

ков, д. 22, к. 1, пом. 367), осуществлявшегося совместно со специалистами АО «СПИИРАН-НТБВТ».

Апробация предложенных результатов и оценивание качества рассматриваемого образца ПАК Data-Центра проводилось последовательно на пяти этапах его проектирования, комплексирования и формирования, с учетом требований статистической значимости получаемых результатов, что позволяет говорить об устойчивости формулируемых выводов по данному эксперименту.

### 3.3.2. Интерпретация и обобщение результатов эксперимента

Обобщенные и интерпретированные результаты проведенного эксперимента позволили прийти к общему выводу, что совокупность метода оценки и средств улучшения качества программно-аппаратных комплексов центров хранения, и обработки данных, предложенных в данном исследовании, позволяют наиболее полно и целенаправленно обеспечить решение научно-технической задачи улучшения качества указанных комплексов, чем традиционно применяемые в этой сфере средства квалиметрии. Данное утверждение базируется на следующих ниже приведенных положениях.

1. Был выявлен ряд качественных выгодных отличий предлагаемых метода оценки качества и соответствующих средств его улучшения выделяющих их из общего множества аналогичных научно-методических средств:

- Системный характер анализа требований к качеству проектирования и реализации ПАК Data-Центров и их составных частей, отдельных компонент и пр.;
- Создание принципиально новой основы для управления качеством ПАК Data-Центров и их сетей, путем предложения комплексной и обоснованной базисной системы требований;
- Учет многоуровневой (иерархической) вложенности и различной важности показателей качества ПАК Data-Центров при проведении оценки, что

позволило добиться принципиального роста её представительности и репрезентативности.

- Предложение не только аппарата оценивания текущего качества ПАК Data-Центров, но и взаимно увязанного с ним эффективного аппарата предметной интерпретации результатов оценки – методики определения соответствующих отклик-процедур.

- Обеспечение достаточной универсальности предлагаемого метода оценки и средств улучшения качества ПАК Data-Центров, применительно к различным этапам их проектирования, комплексирования, формирования и другим этапам технологического процесса их создания.

- Выработка резюмирующей возможности снижения итеративности указанного процесса создания ПАК Data-Центров, и соответственно, снижения трудоемкости, числа привносимых дефектов и пр. для проектов развития инфраструктуры цифровой экономики, обеспечения органов государственного и корпоративного управления.

2. Проведен сравнительный анализ возможностей основных групп современных квалиметрических методов и средств, нашедших свое применение в сфере проектирования и создания ПАК Data-Центров с предлагаемыми. Сводные результаты этого анализа приведены в Таблице 3.3.1. Результаты этого анализа наглядно показывают преимущества предлагаемого метода оценки и средства улучшения качества программно-аппаратных комплексов центров хранения и обработки данных, в части обоснованности, релевантности и объективного характера получаемых оценок, рекомендаций по совершенствованию качества.

3. Экспериментально проанализирован интегральный по своей сути, но косвенный показатель эффективности для предлагаемой совокупности научно-методических средств – «число итераций процесса проектирования ПАК Data-Центра, при его разработке и стыковке на месте размещения».

Таблица 3.3.1 – Результаты сравнительного анализа предлагаемых и традиционных средств оценки, улучшения качества ПАК Data-Центров

Показатели, по которым проводилось сравнение	Предложенные методы оценки и средства улучшения качества ПАК Data-Центров	Универсальные стандарты, процедуры и средства менеджмента качества ISO	Стандарты и инструментари профессионального сообщества IT-сферы, применяемые к ПАК
Наличие связной и формализуемой системы показателей	Есть	Нет	Есть
Максимальное число учитываемых показателей	<b>110-180</b>	30-50	10-20
Обеспечиваемая точность ранжирования показателей	<b>0,001 -0,05</b>	0,1-0,2	-
Уровень структурной сложности системы показателей	<b>1</b>	0,5	0
Практическая применимость в процедурах проектирования и формирования ПАК, стыковки и интеграции их составных частей:  – простота интерпретации;  – наличие метрической размерности параметров;  – простота алгоритмизации;  – максимальное количество обеспечиваемых уровней вложенности показателей;  – адаптивность сети показателей.	<b>Однозначная</b>  <b>Ординальное</b>  <b>Да</b>  <b>5-7</b>  <b>Есть</b>	Неполная  Ординальное  Нет  2-3  Нет	Неоднозначная  Нет  Нет  1  Нет
Трудоемкость оценивания	<b>Низкая</b>	Обычная	Повышенная
Трудоемкость реализации в рамках технологического процесса создания ПАК для Data-центра	<b>Низкая</b>	Повышенная	Повышенная

Такой показатель предполагает, что итерации оценивания и улучшения качества ПАК Data-Центра осуществляются до момента, когда его качество становится приемлемым и соответствующим целевому классу предназначения самого центра обработки и хранения данных. Оценивание числа указанных итераций проводилось в 5 приемов (т.е. на каждом этапе технологического процесса соз-



дания), с учетом требований обеспечения устойчивости, получаемых результатов.

Очевидно, что предлагаемый показатель эффективности методов и средств оценки, улучшения качества ПАК Data-Центров по своей сути является сводным по отношению к предметно-интерпретированным показателям результативности таких средств, представленным в Таблице 3.1.2. Этот факт позволяет результаты данной оценки рассматривать, как итоговое предписание оценки эффективности. Результаты этой оценки в обработанном виде показаны на Рисунке 3.3.2.

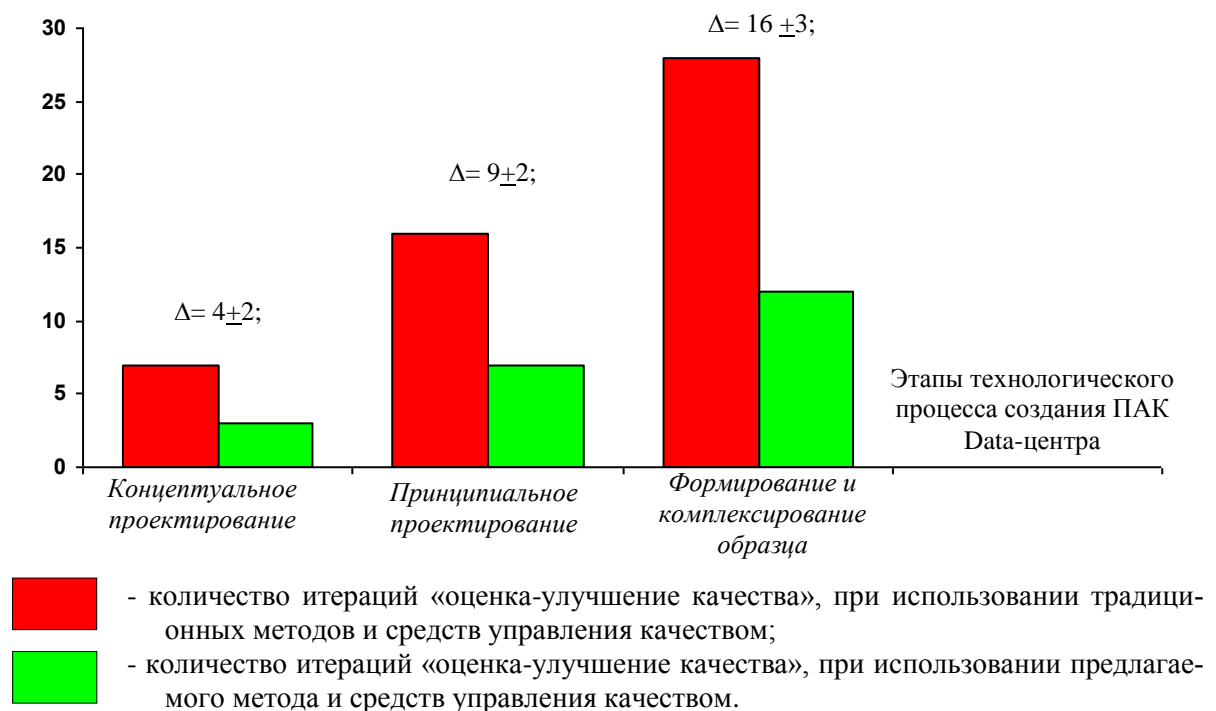


Рисунок 3.3.2 – Сводный результат оценки эффективности предлагаемого метода оценки и средств улучшения качества ПАК Data-центров

Проведен анализ значимости полученных значений разницы  $\Delta$  в количествах итераций «оценка-улучшение качества», путем использования методики статистических сравнений, изложенной в [4]. Он показал, что значения  $\Delta$  следует считать значимыми, а применение предлагаемых метода оценки и средств улучшения качества программно-аппаратных комплексов центров хранения и обработки данных эффективным при 5%-ном уровне значимости.

### 3.4. Выводы по 3 главе

1. Модель повышения результативности облачных вычислений за счет использования динамических программных библиотек и сервисов прикладного функционала, как самостоятельный научный результат, включает в себя подмодель формирования сетевого сервиса на базе библиотеки программных функций или других программных компонент в сети ПАК Data-центров, подмодель разработки и сопровождения указанных библиотек, а так же практические рекомендации по повышению результативности облачных вычислений за счет их применения.

2. Качество разработки, отладки и структурирования библиотек прикладных функций, соответствующих баз программных компонент и сетевых сервисов является одним из определяющих факторов качественного развития наукоемких услуг ПАК Data-центров на базе облачных технологий. Системное накопление и верификация динамически подключаемых библиотек программных функций – основа высокотехнологичной и эффективной организации сетевых сервисов, а как следствие, и лучшего качества реализации облачных технологий (вычислений) в сети ПАК Data-центров.

3. Под отклик-процедурой улучшения качества ПАК Data-центров следует понимать такую совокупность методических и системно-технологических схем, моделей, приемов, используемых в технологическом процессе проектирования и формирования указанных ПАК, которая позволяет так изменить ход разработки (проектирования), что становится возможным избежать аномалий, выявленных при предшествующей оценке качества текущей версии этого комплекса (проекта комплекса). Иными словами, отклик-процедура улучшения качества ПАК Data-центров заключается в выявлении частного недостатка, недочета, аномалии в текущем состоянии проектируемого и формируемого комплекса (одного или нескольких простых показателей качества в составе интегрального показателя качества), который позволяет наиболее эффективным образом повысить значения результатов оценки в иерархии показателей качества и целе-

направленном его улучшении. При этом отклик-процедура основывается на анализе интегральных результатов оценки качества и заключается в системном подходе к преодолению выявленных аномалий.

4. Задача определения отклик-процедур улучшения качества ПАК Data-центров сводится к особому способу ранжирования множества значений, характеризующих влияние соответствующих процедур на аномалии текущей версии указанных ПАК, выявленные в ходе оценки их качества. Исходное множество отклик-процедур улучшения качества ПАК Data-центров может быть отранжировано на показателях, набор значений которых определяет собой одну или несколько выявленных аномалий качества. Каждая из отклик-процедур (каждый элемент множества) может быть представлена в виде поля (района) состояний ПАК Data-центров – пространства или части пространства с числом измерений, равным числу показателей, характеризующих выявленную аномалию или состояние разработки. То есть экспликация математического аппарата метода районирования на предметную область обоснованного выбора отклик-процедур улучшения качества ПАК для Data-центров позволяет предложить соответствующую методику, обеспечивающую интерпретацию результатов оценки качества проектов указанных комплексов.

5. Совокупность метода оценки и средств улучшения качества программно-аппаратных комплексов центров хранения, и обработки данных, предложенных в данном исследовании, позволяют наиболее полно и целенаправленно обеспечить решение научно-технической задачи улучшения качества указанных комплексов, чем традиционно применяемые в этой сфере средства квалиметрии.

6. Обобщение результатов экспериментальной апробации и оценки эффективности предлагаемых научно-методических средств позволяет сделать вывод, что их применение позволяет за счет учета вложенности более простых показателей оценки качества в более сложные, систематизации требований, корректного использования методов определения отклик-процедур добиться устойчивого эффекта в повышении качества ПАК Data-центров.

## Заключение

Проведенное диссертационное исследование и представленные, детализированные его научные результаты (положения выносимые на защиту) объективно требуют проведения завершающего обобщения. Такое обобщение следует рассмотреть как следующую совокупность глобальных выводов по теме исследования и соответствующих рекомендаций практического характера:

1. Последовательность разработанных в этом диссертационном исследовании научных положений, выносимых на защиту, составляет научно-методическую основу оценки и улучшения качества программно-аппаратных комплексов центров хранения и обработки данных. Это в полной мере относится как к указанным центрам с коммерческой основой создания, так и к центрам, обеспечивающим информационные потребности органов государственного и корпоративного управления.

2. Предложенная научно-методическая база, как совокупность логически увязанных научных результатов, обеспечивает решение научной задачи улучшения качества ПАК Data-центров за счет учета иерархического характера системы показателей качества, системной структуризации требований и применения средств продуктивной интерпретации результатов оценки качества – приемов определения отклик-процедур.

3. Улучшение качества программно-аппаратных комплексов центров хранения и обработки данных (ПАК Data-центров) может быть гарантировано, если в процессе их проектирования, формирования и ввода в эксплуатацию будут применяться предлагаемые научно-методические средства, приведенные ниже как соответствующие положения выносимые на защиту.

4. Прогностический потенциал полученных метода оценки и средств улучшения качества ПАК Data-центров определяется следующим:

1) возможностью обеспечения эффективных проектирования, формирования и эксплуатации ПАК Data-центров;

2) возможностью непрерывного и систематизированного оценивания качества указанных ПАК;

3) возможностью эффективного реагирования на выявляемые в ходе оценивания аномалии и недостатки качества указанных ПАК, оперативного исправления ошибок на ранних стадиях возникновения.

5. Полученные в ходе диссертационного исследования результаты и рекомендации носят обобщенный характер, что позволяет их использовать:

- в процессе развертывания соответствующих систем менеджмента качества, государственных и отраслевых стандартов;
- в ходе системной разработки соответствующих стандартов предприятий программного сектора промышленности, занятых в ходе создания ПАК Data-центров и сетей, обеспечивающих информационные потребности органов государственного и корпоративного управления, на их базе ;
- для разработки документов, развивающих процедуры оценивания, улучшения качества и регламентирующих процессы проектирования программно-аппаратных комплексов центров хранения и обработки данных;
- для организации перспективных архитектур и программно-технических решений программно-аппаратных комплексов центров хранения и обработки данных с целью совершенствования технологий их создания;
- для совершенствования существующих распределенных сетей программно-аппаратных комплексов центров хранения и обработки данных (ПАК Data-центров), для развития соответствующей телекоммуникационной и информационной инфраструктуры;
- для разработки интегрированных автоматизированных систем оценки и контроля качества программно-аппаратных комплексов центров хранения и обработки данных, а в конечном итоге, обеспечения роста качества предоставления хостинг-услуг органам государственного и корпоративного управления, широким слоям рядовых потребителей.

6. С учетом сказанного выше вынесенные на защиту научные результаты являются новыми, достоверными, теоретически и практически значимыми. Они

могут быть квалифицированы как совокупность технических и технологических разработок, имеющих существенное значение для экономики и социальной сферы страны.

Таким образом, в ходе решения научно-технической задачи разработки научно-методических средств оценки и улучшения качества программно-аппаратных комплексов центров хранения и обработки данных, разрешения содержащихся в ней противоречий и решения частных задач диссертационного исследования получено четыре новых и достоверных научных результата:

1. Метод оценки качества программно-аппаратных комплексов центров обработки и хранения данных (Data-центров);
2. Базисная совокупность требований к формированию программно-аппаратных комплексов центров обработки и хранения данных;
3. Модель повышения результативности облачных вычислений за счет использования динамических программных библиотек и сервисов прикладного функционала;
4. Методика определения отклик-процедур улучшения качества программно-аппаратных комплексов центров обработки и хранения данных.

Эти результаты соответствуют формуле специальности 05.02.23 – “Стандартизация и управление качеством продукции” и областям исследования “Методы анализа, синтеза и оптимизации, математические и информационные модели состояния и динамики качества объектов”; “Методы стандартизации и менеджмента качества объектов и услуг на различных стадиях жизненного цикла продукции”; “Квалиметрические методы оценки качества объектов, стандартизации и процессов управления качеством”; “Научные основы автоматизированных комплексных систем управления эффективностью производства и качеством работ”.

Перспективными направлениями дальнейших исследований в области разработки научно-методических средств улучшения качества программно-аппаратных комплексов центров обработки и хранения данных, являются:

1. Гармонизация и всесторонняя автоматизация процесса оценки качества программно-аппаратных комплексов центров обработки и хранения данных, а так же, в целом, процесса предоставления хостинг-услуг органам государственного и корпоративного управления, частным компаниям и лицам.

2. Развитие аспектов защиты информации в сетях программно-аппаратных комплексов центров обработки и хранения данных, с учетом специфики реализации технологий работы с большими данными (Big Data).

3. Автоматизация планирования процедур оценки и улучшения качества программно-аппаратных комплексов центров обработки и хранения данных, их составных частей в ходе эксплуатации и усовершенствования.

4. Вопросы анализа, контроля и улучшения качества проектов создания новых центров обработки и хранения данных.

5. Разработка методов и частных методических средств аналитической поддержки работ по интеллектуализации программного обеспечения ПАК Data-центров, качественному развитию программного, информационного и математического обеспечения указанных комплексов.

Обозначенные выше направления дальнейших исследований призваны обеспечить улучшение качества программно-аппаратных комплексов центров обработки и хранения данных, а так же дальнейшему всестороннему внедрению принципов и методов управления качеством в облачные технологии, другие методы и средства современного и широкого предоставления хостинг-услуг органам государственного и корпоративного управления, широким слоям рядовых потребителей такого вида услуг.

**Список сокращений и условных обозначений**

АПИ	–	аппаратно-программный имитатор
АРМ	–	автоматизированное рабочее место
АС	–	автоматизированная система
АСЗИ	–	автоматизированная система в защищенном исполнении
ДЭ	–	электронный конструкторский документ
КП	–	комплекс программ
МНЗ	–	машинный носитель с записью
МО	–	математическое обеспечение
ОКР	–	опытно-конструкторская работа
ОО	–	опытный образец
ОПО	–	общесистемное программное обеспечение
ПАК	–	программно-аппаратный комплекс
ПД	–	программная документация
ПМ	–	программный модуль
ПО	–	программное обеспечение
ПС	–	программная система
ПЭВМ	–	персональная электронная вычислительная машина
РМО	–	рабочее место оператора
РУК	–	руководящие указания по конструированию
СОИ	–	средства отображения информации
СУБД	–	система управления базами данных
СЧ	–	составная часть
СЧМ	–	система «человек-машина»
ТЗ	–	техническое задание
ЦОД	–	центр обработки данных
ЦОХД	–	центр обработки и хранения данных
ЭД	–	эксплуатационная документация
SOA	–	сервис-ориентированная архитектура



## Словарь терминов

1. **Автоматизированная система;** АС: система, состоящая из персонала и комплекса средств автоматизации его деятельности, реализующая информационную технологию выполнения установленных функций.

2. **Автоматизированная система в защищенном исполнении;** АСЗИ: по ГОСТ Р 51583-2000. Автоматизированная система, реализующая информационную технологию выполнения установленных функций в соответствии с требованиями стандартов и нормативных документов по защите информации.

3. **Автоматизированное рабочее место;** АРМ: рабочее место оператора (по ГОСТ 26387-84) автоматизированной системы.

4. **Алгоритм деятельности;** алгоритм деятельности оператора СЧМ: по ГОСТ 26387–84. Предписание, определяющее содержание и последовательность действий оператора в системе «человек-машина».

5. **Библиотека программ:** по ГОСТ 19781–90. Организованная совокупность программ или частей этих программ, а также, возможно, информации, относящейся к их использованию.

6. **Диалоговый режим:** по ГОСТ 34.003–90. Режим выполнения функций АС, при котором человек управляет решением задачи, изменяя ее условия и (или) порядок функционирования АС на основе оценки информации, предоставляемой ему техническими средствами АС.

7. **Data-центр;** центр (хранения и) обработки данных (ЦОД/ЦХОД): специализированная организация (предприятие, учреждение) для оказания услуг по размещению (хостингу) серверного и сетевого оборудования и подключения абонентов к каналам сети Internet.

8. **Имитационная модель:** программа, которая реализует математическую (формальную) модель объекта (процесса), представляющую алгоритмическое описание (в соответствии с заданным уровнем детализации) динамики функционирования элементов объекта (процесса) и их взаимодействия друг с другом и с внешней для моделируемого объекта (процесса) средой.

9. **Интерфейс человеко-машинный:** по ГОСТ РВ 29.05.007–96. Комплекс программных и технических средств, посредством которых осуществляется диалоговый режим выполнения функций АСУ.

10. **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.

11. **Комплекс программ; КП:** 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.

12. **Компонент:** по ГОСТ 19.101–77. Программа, рассматриваемая как единое целое, выполняющая законченную функцию и применяемая самостоятельно или в составе комплекса.

13. **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.

14. **Математическое обеспечение; МО:** по ГОСТ 34.003–90. Совокупность математических методов, моделей и алгоритмов, примененных в АС.

15. **Оператор системы «человек-машина»;** человек-оператор СЧМ: 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.

16. **Орган управления:** по ГОСТ 26387–84. Техническое средство в СЧМ, предназначенное для передачи управляющих воздействий от оператора СЧМ к машине.

17. **Ошибка оператора:** по ГОСТ 26387–84. Неправильное выполнение или невыполнение оператором СЧМ предписанных действий.

18. **Программа:** по ГОСТ 19781–90. Данные, предназначенные для управления конкретными компонентами системы обработки информации в целях реализации определенного алгоритма.

19. **Программная документация;** ПД: по ГОСТ 19.101–77. Документы, содержащие сведения, необходимые для разработки, изготовления, сопровождения и эксплуатации программ.

20. **Программное обеспечение;** ПО: по ГОСТ 34.003–90. Программное обеспечение АС: Совокупность программ на носителях данных и программных документов, предназначенная для отладки, функционирования и проверки работоспособности АС.

21. **Программный модуль;** ПМ: по ГОСТ 19781–90. Программа или функционально завершенный фрагмент программы, предназначенный для хранения, трансляции, объединения с другими программными модулями и загрузки в оперативную память.

22. **Система «человек-машина»;** СЧМ: по ГОСТ 26387–84. Система, включающая в себя человека-оператора СЧМ, машину, посредством которой он осуществляет трудовую деятельность, и среду на рабочем месте.

23. **Средства отображения информации;** СОИ: 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.

24. **Стратегический бизнес-процесс:** бизнес-процесс, формирующий деятельность организации на длительную перспективу и отражающий глобальные тенденции в бизнесе.

25. **Структурно-функциональная схема:** схема, отражающая основные функциональные элементы и их взаимосвязи.

26. **Субъект управления:** генератор управляющего воздействия, которое воспринимает объект управления.

27. **Тактический бизнес-процесс:** бизнес-процесс, отражающий решение задач на краткосрочную перспективу по времени – от реального времени до года.

28. **Управленческое решение:** директивный акт целенаправленного воздействия на объект управления, основанный на анализе достоверных данных, характеризующих конкретную управленческую ситуацию, определение цели действий, и содержащий программу достижения цели.

29. **Физическая модель данных:** способ хранения данных в конкретной СУБД; строится на основе логической модели данных.

30. **Функциональная подсистема:** составная часть системы, реализующая одну или несколько близких функций.

31. **Функция управления:** деятельность лиц, принимающих решения по формированию управляющих воздействий на изменение или поддержание на заданном уровне объекта управления.

32. **Целевая функция:** миссия организации, определяющая основные направления его деятельности.

33. **Хостинг:** электронно-цифровая услуга (сервис) по предоставлению вычислительных ресурсов для размещения данных (информации) на сервере, постоянно находящемся в сети (как правило, в сети Internet).

34. **RUP (Rational Unified Process):** методология разработки программного обеспечения, основанная на представлении процесса разработки информационной системы в виде совокупности потоков работ, каждый из которых разделяется на этапы в соответствии со стадиями жизненного цикла.

35. **UML-модель:** совокупность взаимосвязанных диаграмм, позволяющих в полной мере реализовать представление системы управления бизнес-процессами в динамическом, статическом и структурном аспектах.

## Список литературы

1. Аверкин А.Н., Гаазе-Рапопорт М.Г., Поспелов Д.А. Толковый словарь по искусственному интеллекту [Текст] – М.: Радио и связь, 1992. – 253 с.
2. Алдунин Ю.А. Синхронизация времени в распределенных системах, в зависимости от выбранной модели непротиворечивости // Вестник РГРТУ. 2007. № 22. – С.17–20.
3. Александров, А.В. Алгоритмы и программы структурного метода обработки данных [Текст] / А.В. Александров, Н.Д. Горский. – Л.: Наука, 1993. – 207 с.
4. Бешелев, С.Д. Математико-статистические методы экспертных оценок [Текст] / С.Д. Бешелев, Ф.Г. Гурвич. – М.: Статистика, 1974. – 159 с.
5. Боэм, Б.У. Характеристики качества программного обеспечения [Текст] / Б.У. Боэм, [и др.] – М.: Мир, 1981. – 312 с.
6. Боэм, Б.У. Инженерное проектирование программного обеспечения [Текст]: пер. с англ. / Б.У. Боэм. – М.: Радио и связь, 1985. – 252 с.
7. Брукс Ф. Мифический человеко-месяц или как создаются программные системы. [Текст] / Ф.М. Брукс – СПб.: Символ-Плюс, 1999. – 304 с.
8. Ванн Тассел, Д. Стиль, разработка, эффективность, отладка и испытание программ [Текст]: пер. с англ. / Д. Ванн Тассел – М.: Мир, 1996. – 248 с.
9. Варжапетян, А.Г. Квалиметрия. [Текст] / А.Г. Варжапетян - СПб.: ГУАП, 2005. – 176 с.
10. Гаврилова, Т.А. Интеллектуальные технологии в менеджменте: инструменты и системы [Текст] / Т.А. Гаврилова, Д.И. Муромцев. - 2-е издан. - СПб, Издательство «Высшая школа менеджмента»; Издат. Дом Санкт-Петерб. Гос. университета, 2010. – 488 с.
11. ГОСТ 34.201-89. Информационная технология. Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Виды, комплектность и обозначение документов при создании автоматизированных систем. [Текст] - М.: Госкомстандарт, 2002. – 36 с.

12. ГОСТ 34.601-90. Информационная технология. Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Автоматизированные системы стадии создания. [Текст] - М.: Госкомстандарт, 2002. – 84с.
13. ГОСТ Р ИСО 9000-2015. Система менеджмента качества. Основные положения и словарь. [Текст] - М.: Стандартиформ, 2015. – 42с.
14. ГОСТ Р ИСО 9001-2015. Системы менеджмента качества. Требования. [Текст] - М.: Стандартиформ, 2015. – 57с.
15. ГОСТ Р ИСО/МЭК 12207-2010. Информационная технология. Процессы жизненного цикла программных средств. [Текст] - М.: Стандартиформ, 2012. – 174с.
16. ГОСТ Р 51904-2002. Программное обеспечение встроенных систем. Общие требования к разработке и документированию. [Текст] - М.: Стандартиформ, 2012. – 36с.
17. ГОСТ Р ИСО/МЭК 15910-2002. Информационная технология. Процесс создания программного средства пользователя. [Текст] - М.: Стандартиформ, 2012. – 98с.
18. ГОСТ 15971-90. Системы обработки данных. Термины и определения. – М.: Издательство стандартов, 1992.
19. ГОСТ 28806—90. Качество программных средств. [Текст] - М.: Госкомстандарт, 1999. – 114с.
20. ГОСТ Р ИСО 25 010 -2015. Качество информационных продуктов. Основные процедуры определения.[Текст] - М.: Стандартиформ, 2015.–76 с.
21. ГОСТ Р ИСО 27000 -2015. Качество программных средств. Основные процедуры определения. [Текст] - М.: Стандартиформ, 2015. – 36с.
22. ГОСТ Р ИСО/МЭК 15 288-2005. Информационная технология. Системная инженерия. Процессы жизненного цикла систем. [Текст] - М.: Стандартиформ, 2006. – 57с.
23. ГОСТ Р ИСО/МЭК 31000 – 2010. Менеджмент риска. Принципы и руководство. [Текст] - М.: Стандартиформ, 2012. – 26с.

24. ГОСТ Р ИСО/МЭК 31010 – 2011. Менеджмент риска. Методы оценки риска. [Текст] - М.: Стандартиформ, 2012. – 70с.
25. ГОСТ Р 51 901.2 – 2005. Менеджмент риска. Системы менеджмента надежности. [Текст] - М.: Стандартиформ, 2005. – 74с.
26. ГОСТ Р 51 901.3 – 2007. Менеджмент риска. Руководство по менеджменту риска. [Текст] - М.: Стандартиформ, 2007. – 104с.
27. ГОСТ Р 51 901.5 – 2007. Менеджмент риска. Руководство по применению методов анализа надежности. [Текст] - М.: Стандартиформ, 2007. – 92с.
28. ГОСТ Р 51 901.4 – 2005. Менеджмент риска проекта. Руководство по применению при проектировании. [Текст] - М.: Стандартиформ, 2005. – 65с.
29. ГОСТ Р 51 901.1 – 2002. Управление надежностью. Анализ риска технологических систем. [Текст] - М.: Стандартиформ, 2003. – 38с.
30. ГОСТ Р 53393 – 2009. Интегрированная логистическая поддержка. Основные положения [Текст] - М.: Стандартиформ, 2009. – 36с.
31. ГОСТ Р 53394 – 2009. Интегрированная логистическая поддержка. Основные термины и определения [Текст] - М.: Стандартиформ, 2009. – 19с.
32. Губинский, А. И. Надежность и качество функционирования эргатических систем [Текст] / А.И. Губинский. – Л.: Наука, 1982. -222 с.
33. 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.
34. 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, 1986. - 326 с.
35. Доценко, С.М. Информационное обеспечение управления [Текст] / Доценко С.М., Воскресенский В.В., Чудаков О.Е. /под ред. Королькова Г.Н. – СПб. : Ника, 2012г.
36. Зыков А.А. Основы теории графов. - М: Вузовская книга, 2004. - 664 с.
37. Ивакин, Я.А. Методы интеллектуализации промышленных геоинформационных систем для диспетчеризации пространственных процессов [Текст]:

монография / Я.А. Ивакин; под ред. Р.М.Юсупова. – СПб.: СПИИРАН, 2009.- 239 с.

38. Ивакин, Я.А. Интеллектуализация геоинформационных систем. Методы на основе онтологий [Текст]: монография / Я.А. Ивакин; – Germany, Saarbrucken: LAP Lambert Academic Publishing, 2010. - 322 с.

39. Ивакин, Я.А. Изоморфность обобщенной и конкретизированных онтологий диспетчерской деятельности [Текст] / Я.А. Ивакин, А.В. Панькин // Вестник Санкт-Петербургского университета. Прикладные методы процессов управления. -2008. - серия 10, вып. 1. - С. 75-86.

40. Потапычев, С.Н. Геохронологический трекинг – специализированный ГИС-инструментарий исследования [Текст] // Ивакин Я.А., Потапычев С.Н. – Журнал «Историческая информатика. Информационные технологии и математические методы в исторических исследованиях и образовании», № 1-2 -2016; с. 3-11.

41. Ивакин, Я.А. Сингулярные матричные пучки в обобщенной симметричной проблеме собственных значений [Текст] / Кочура А.Е., Подколызина Л.В., Ивакин Я.А., Нидзиев И.И. // Труды СПИИРАН. -2013. - Вып. 26. С. 253-276.

42. Ивакин Я.А., Потапычев С.Н. Развитие информационной технологии геохронологического трекинга для исследований в ГИС [Электронный ресурс] // Историческая информатика. — 2017. - № 2. - С.85-94. DOI: 10.7256/2585-7797.2017.2.23083. URL: [http://e-notabene.ru/istinf/article\\_23083.html](http://e-notabene.ru/istinf/article_23083.html)

43. Интеллектуальные географические информационные системы для мониторинга обстановки. // Под общ. ред. чл.-кор. РАН Юсупова Р.М. и д-ра техн. наук Поповича В.В. – СПб.: Наука, 2013. – 284с.:ил.

44. Кейслер, Г. Теория моделей. [Текст] / Кейслер Г., Чэн Ч.Ч. - М.: Мир, 1977, 244с.

45. Коломеец М.В., Чечулин А.А., Котенко И.В. Обзор методологических примитивов для поэтапного построения модели визуализации данных – СПб., Труды СПИИРАН, 2015, Вып. 5(42) – с.232-257.



46. 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.
47. Кормен, Т. Алгоритмы: построение и анализ [Текст]: пер. с англ. / Т. Кормен, Ч. Лейзерсон, Р. Ривест. - М.: Центр непрерывного математического образования, 2012.
48. Липаев, В.В. Обеспечение качества программных средств. Методы и стандарты [Текст] / В.В. Липаев.– М.: МГТУ «Станкин», 2012.-302 с.
49. Математическая энциклопедия [Текст]: т. 3 -М.: Издательство «Советская энциклопедия», 1984.-1215 с.
50. Нечепуренко М. И., Попков В. К., Майнагашев С. М., Кауль С. Б., Прокураков В. А., Кохов В. А., Грызунов А. Б. Алгоритмы и программы решения задач на графах и сетях— Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1990 — 515 с.
51. Поспелов, Д.А. Логико-лингвистические модели в системах управления [Текст]/ Поспелов Д.А. - М: Энергоиздат, 1989.-206с.
52. Поспелов, Д.А. Ситуационное управление [Текст]/ Поспелов Д.А.- М: Наука, 1989.-194с.
53. Рожков Н.Н. Квалиметрические методы и модели комплексного оценивания качества услуг в социальной сфере. [Текст] - СПб, ГУАП, 2011. - 117с.
54. Романюк, С.Г. Оценка надежности программного обеспечения [Текст] / С.Г. Романюк // Открытые системы. 1994. – №8. –С. 68-71.
55. Семенова, Е.Г. Использование методов менеджмента качества в образовательном процессе. [Текст] / А.Г.Варжапетян, Е.Г. Семенова// Качество и ИПИ (CALS) – технологии. 2006. - №2. – с.42-47.
56. Федюкин, В.К. Квалиметрия. [Текст] / В.К.Федюкин - СПб.: СПбГИЭУ, 2009. – 365 с.
57. Цаленко, М.Ш. Моделирование семантики в базах данных [Текст] / М.Ш. Цаленко – М.: Наука, 1999г.-286с.
58. Цаленко, М.Ш. Основы теории категорий [Текст] / М.Ш. Цаленко, Е.Г. Шульгейфер. – М.: Наука, 1998г. -256с.

59. Цаплин, В.И. Толковый словарь по информатике [Текст] / В.И. Першиков, В.М. Савинков, В.И.Цаплин – М.: Анатолия, 2011. – 264 с.
60. Цепочкин, А.Н. Проектирование и применение компьютерных технологий удаленного доступа. Ч.1. Концепция систем автоматизированного моделирование процессов деятельности [Текст]: Кн.1,2./ А.Н. Цепочкин, Ю.А. Ветров. - СПб: БГТУ, 2012. – 195-207с.
61. Шмид А.В. Революция в области философии и технологиях принятия корпоративных решений [Электронный ресурс] URL: [http://4cio.activetextbook.com/active\\_textbooks/34#page642](http://4cio.activetextbook.com/active_textbooks/34#page642)
62. Шеннон, Р. Имитационное моделирование систем [Текст] / Р. Шеннон. - Искусство и наука. - М.: Мир, 1978. – 418с.
63. Шпак, В.Ф. Информационные технологии в системе управления государственного и военного управления (теория и практика, состояние и перспективы развития) [Текст] / В.Ф. Шпак [и др.]. – СПб.: Элмор, 2007. – 832с.
64. Юсупов, Р.М. Концептуальные и научно-методологические основы информатизации [Текст] / Р.М.Юсупов, В.П.Заболотский. - СПб.: Наука, 2012.- 542с.,80 ил.
65. Яшин, А.И. Геоинформационные системы и технологии [Текст]: монография / А.И. Яшин. – СПб.: СПбГЭТУ “ЛЭТИ”, 2012. – 67с.
66. Билинов А.П. Многохромосомная оптимизация оценки качества программных средств. // Автоматизация управления №1 1999, стр. 16-17.
67. Кабак И.С., Позднеев Б.М. Оценка надежности объектно-ориентированного программного обеспечения. Сб. «Труды НИАТ» - М.: НИАТ, 2007, стр. 98-101.
68. Кабак И.С., Раппорт Г.Н. Оценка надежности программного обеспечения по математической модели. // Проблемы создания гибких автоматизированных производств. / Под ред. Макарова И.М., Фролова К.В., Беялина П.Н. – М.: Наука, 2008.
69. Archer, L. B. Systematic method for designers [Text] / L. B. Archer. - London: Council of Industrial Design.- 1995.

70. Blasch, E. Fundamentals of Information Fusion and Applications [Text] / E. Blasch. - Tutorial, TD2, Fusion 2012.
71. Boehm, B.W. Software engineering economics [Text] / B.W. Boehm. - 1981 by Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey 07632, USA -767 p.
72. Cressie, N.A.C. Statistics for spatial data [Text] / N.A.C. Cressie. – New York: John Wiley & Sons. -1991. – 900 p.
73. Gabriel Jakobson (2007). Situation Management: Basic Concepts and Approaches. In: Proceedings International Workshop Information Fusion and Geographic Information Systems, St.Petersburg, Russia, May 27-29, 2007. -pp.18-33.
74. Goodchild, M.F. Environmental modeling [Text] / M.F. Goodchild, K. Bradley, B.O. Parks, I.T. Steyaert [Eds]. – N.Y.: Oxford University Press. - 1994–512p.
75. Holger, Knublauch, An AI tool for the real world [Text] / Holger Knublauch. Knowledge modeling with Protégé, JavaWorld.com, 06/20/03
76. Horton, R. Canopy shading effects on soil heat and water flow [Text] / R. Horton // Soil Sci. Am. J. – 1989. - v.53. – pp. 669-679.
77. Howard J.V. Rendezvous search on the interval and circle – USA, Operations Research, Vol. 47, No. 4, July-August 1999, pp. 550 – 558.
78. Ivakin, Y.A. Introduction into the problem of the computer interpretation of the applied formalized theory. // Information and control systems, № 4, 2002. (Printed in USA).
79. Koopman B.O. The axioms and algebra of intuitive probability – Annals of Mathematics, Vol.41, No.2, April, 1940.
80. Koopman B.O. The bases of probability – Bulletin of the American Mathematical Society, 46 (1940).
81. Kokar, M.M. Category theory approach to fusion of wavelet-based features [Text] / M.M.Kokar, S.A.DeLoach. In Proceedings of the Second International Conference on Information Fusion, Vol.1, pages 117-124, 1999.
82. Kokar, M.M. Data vs. decision fusion in the category theory framework [Text] / M.M.Kokar, J.A.Tomasik, J.Weyman. In Proceedings of Fusion 2001 – 4<sup>th</sup> International Conference on Information Fusion, Vol.1, pages TuA3-15 – TuA3-20, 2001.

83. Kokar, M.M. Formalizing Classes of Information Fusion Systems [Text] / M.M.Kokar, J.A.Tomasik, J.Weyman. Journal of Robotic Systems, No. 7(3):4-35, 2005.
84. Lim W.S., Alpern S. Minimax rendezvous on the line- SIAM J. Control and Optimization. Vol. 34, No. 5, September 1996, pp. 1650 – 1665.
85. Lim W.S., Alpern S., Beck A. Rendezvous on the line with more than two players – Operations Research, Vol. 45, No. 3, May-June 1997, pp. 357 – 364.
86. James, Owen, Open source rule management [Text] / James Owen.- Info-Word.com, November 02, 2006.
87. Jean-Claude Thill. Is Spatial Really That Special? A Tale of Spaces. In: Proceedings International Workshop Information Fusion and Geographic Information Systems: Towards the Digital Ocean, Brest, France, May 10-11, 2011. pp 3-12.
88. Nadler, G. An Investigation of Design Methodology [Text] / G. Nadler. // Management Science. -1967.-V.13.-№.10.
89. OpenCyc.org [Электронный ресурс] URL: <http://www.opencyc.com/>
90. Object management group. MetaObjectFacility(MOF) Specification v 1.4. [Электронный ресурс] URL: <http://www.omg.org/docs/formal/02-04-03.pdf>
91. Popovich V.V., Leontev Y.B., Ermolenko A.A. Metod of visual library of functions development // The proceedings of the International Conference On Intelligent Information Technology, Beijing, September 22-25, 2002. – pp. 69-74
92. Saaty, T.L., The Analytic Hierarchy Process [Text] / What it Is and How it is Used. Mathematical Modeling, 9, 1997.- pp.161-176.
93. Saaty, T.L., How to Make a Decision: The Analytic Hierarchy Process. [Text] / European Journal of Operation Research, 48(1), 1990.- pp.9-26.
94. Zahl S. An allocation problem with application to operations and statistics // Operations Research. – 1963.- V. 11., No.3.
95. Uschold, M. Ontologies: principles, methods and applications [Текст] / M. Uschold, M.Gruninger // Knowledge Engineering Review. – 1996. – Vol. 11. – №2. – P.93–113.

96. UserGroup.GetGroupCollectionFromUser Method [Электронный ресурс] // Microsoft Corporation. – 2011. – Режим доступа: <http://msdn.microsoft.com/en-us/library/ms772552.aspx>.
97. Van Heijst G. Using Explicit Ontologies in KBS Development / G. Van Heijst, A.T. Schreiber, B.J. Wielinga // International Journal of Human and Computer Studies. – 1996. – №46 (2-3). – P. 183–292.
98. Van Loon H. Process Assessment and ISO/IEC 15504: a Reference Book / H.Van Loon. – New York: Springer, 2007. – 280 p. 185
99. Valet G. Mauris. A statistical overview of Resent Literature in Information Fusion [Text] / Valet G. Mauris. -Fusion 2000, IEEE AES. - March 2001.
100. Sachs E. Tutorial: Getting Started with Protege-Frames [Электронный ресурс]: URL: [http://protege.stanford.edu/doc/tutorial/get\\_started/table\\_of\\_content.html](http://protege.stanford.edu/doc/tutorial/get_started/table_of_content.html).
101. Sigma Knowledge Engineering Environment [Электронный ресурс] URL: <http://sigmakee.sourceforge.net>.
102. Weber, R. Knowledge-based knowledge management / R. Weber, R. Kaplan // Innovations in Knowledge Engineering (ed. Faucher C. et al.). – Heidelberg: Physica-Verlag, 2003. – P. 125–143.
103. White, F.E. A Model for Data Fusion [Text] / F.E. White // 1st National Symposium on Sensor Fusion: Proc. – 1988.
104. Web Ontology Language (OWL) [Электронный ресурс] URL: <http://www.w3.org/2004/OWL/>
105. Web Services Description Language (WSDL) [Электронный ресурс] URL: <http://www.w3.org/TR/2003/WD-wsdl12-20030124/>
106. ДеМарко Т. Deadline. Роман об управлении проектами [Текст] / ДеМарко Т. – М., Издательство «Манн-Иванов-Фербер», 2016.- 352с.
107. Дюваль П.М. Непрерывная интеграция. Улучшение качества программного обеспечения и снижение риска [Текст] Дюваль П.М., Матиас С., Гловер Э. – СПб.: Символ, 2016.- 240с.
108. Ивакин Я.А., Потапычев С.Н. Развитие информационной технологии геохронологического трекинга для исследований в ГИС // Историческая ин-

форматика. — 2017. - № 2. - С.85-94. DOI: 10.7256/2585-7797.2017.2.23083.

URL: [http://e-notabene.ru/istinf/article\\_23083.html](http://e-notabene.ru/istinf/article_23083.html)

109. IT & Mathematics: Political Demography & Global Ageing. Yearbook/ Edited by Jack A. Goldstone, Leonid E. Grinin, and Andrey V. Korotaev. – Volgograd: ‘Uchitel’ Publishing House, 2015. – 176 pp.

## Приложение А

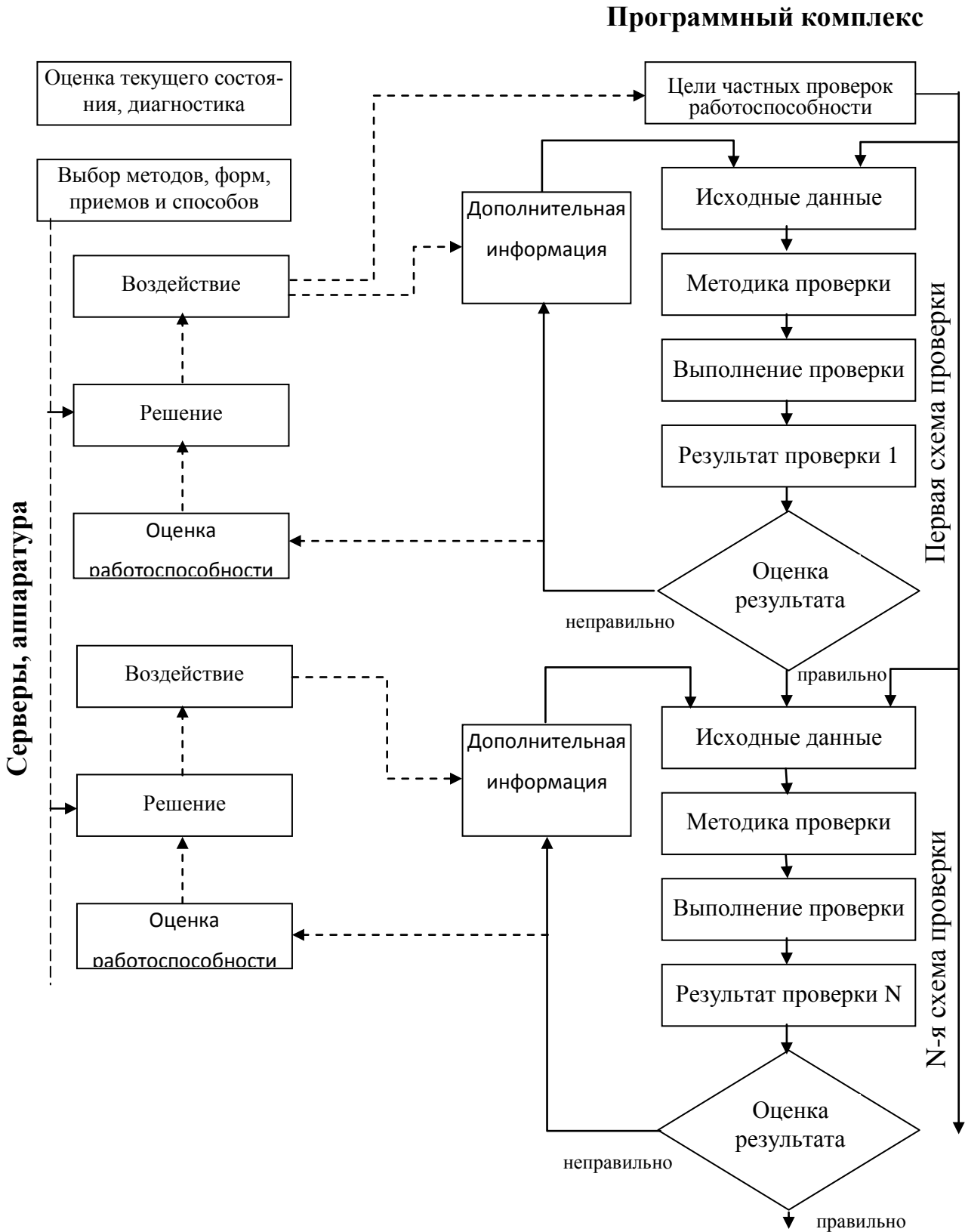


Рисунок П1.1. Фрагмент структурной схемы современной методики проверки работоспособности ПАК ЦОХД (пример)

## Приложение Б

### **Базисная совокупность требований к формированию программно-аппаратных комплексов (ПАК) центров обработки и хранения данных (Data-центров)**

#### Б.1. Требования к составу ПАК для Data-центра.

ПАК для Data-центра должен в себя включать:

Б.1.1. Аппаратную платформу из средств вычислительной и инфокоммуникационной техники с применением наиболее современных технологических решений, на соответствующей условиям создания Data-центра аппаратно-архитектурной основе (серверные решения, интерфейс-периферия на основе терминальных бездисковых станций, элементы на основе мобильных устройств и пр.).

Б.1.2. Унифицированное специальное математическое и программное обеспечение (СМПО), реализующее специальные и сервисные комплексы информационных и расчетных задач, функционирующих в среде комплекса средств автоматизации (КСА) аппаратной платформы по п.Б.1.1. и внешних систем телекоммуникации, включающее:

- унифицированный программный IP-интерфейс, обеспечивающий предоставление хостинг-услуг заданному числу потребителей;
- комплекс расчетных моделей, обеспечивающих решение функциональных задач и предоставление сетевых сервисов по удаленной обработке информации;
- комплекс системных моделей и подсистема реального времени для обеспечения управления серверным оборудованием и прогнозирования его загрузки;
- подсистема накопления и хранения данных, в т.ч. СУБД;
- подсистема резервного копирования;



- комплекс задач, обеспечивающих выполнение функций интеллектуальной обработки потоков информации и конфигурирования ПАК.

Б.1.3. Информационно-лингвистическое обеспечение (ИЛО) в составе:

- база данных основного сбора и хранения информации;
- база данных резервного копирования;
- база данных поддержки сетевых сервисов для SOA;
- база данных промежуточного хранения;
- база данных графических объектов и условных знаков;
- другие базы данных;
- система формализованных документов информационного обмена;
- справочная подсистема;
- комплект графических примитивов в графических форматах представления;
- подсистема импорта-экспорта в графические форматы;
- конвертор форматов данных в Internet.

Б.1.4. Комплект конструкторской, программной и эксплуатационной документации.

Б.2. Требования к назначению ПАК для Data-центра.

Б.2.1. КСА аппаратной платформы из средств вычислительной и инфокоммуникационной техники должен обеспечить полноценную реализацию всей программной, программно-информационной и телекоммуникационной функциональности СМПО.

Б.2.2. Программный комплекс СМПО в составе ПАК Data-центра должен обеспечить автоматизацию следующих основных функций:

Б.2.2.1. Сбор, учет и накопление данных по запросам пользователей Data-центра в масштабе времени, близком к реальному;

Б.2.2.2. Обработка информационных потоков (ведение баз данных) в соответствии с запросами пользователей;

Б.2.2.3. Ведение динамической карты загрузки ресурсов ПАК;

Б.2.2.4. Автоматизированное обеспечение алгоритмов деятельности операторов ПАК в части анализа и оценки использования ресурсов ПАК;

Б.2.2.5. Прогнозирование и моделирование использования ресурсов ПАК.

Б.2.2.6. Поточковая обработка входных и формирование выходных пакетов данных по запросам пользователей.

Б.2.3. Структура ПАК для Data-центра и его составных частей должна соответствовать функциональной структуре самого Центра обработки и хранения данных, учитывать специфику его организации и территориального размещения.

Б.2.4. ПАК для Data-центра должен обеспечивать:

Б.2.4.1. Автоматизацию процессов сбора, обработки, учета и накопления данных пользователей, а также данных по составу и состоянию загрузки вычислительных ресурсов самого ПАК, взаимодействующих информационных систем, средств телекоммуникации и пр. от всех доступных источников информации;

Б.2.4.2. Автоматизацию процесса планирования применения ресурсов серверов и хранилищ (баз) данных;

Б.2.4.3. Автоматизацию решения информационно - расчетных задач (сервис- расчетов), проведение всех видов моделирования в интересах реализации запросов пользователей;

Б.2.4.4. Информационное взаимодействие КСА ПАК с другими внешними автоматизированными системами (АС);

Б.2.4.5. Автоматизацию процесса учета запросов удаленных пользователей;

Б.2.4.6. Автоматизацию процесса учета и контроля состояния индивидуальных профилей хостинг-услуг для выделенных пользователей;

Б.2.4.7. Автоматизацию процесса доведения до операторов (должностных лиц) информации по резко меняющейся загрузке ресурсов ПАК;

Б.2.4.8. Автоматизация процесса формирования формализованных (неформализованных), срочных (внеочередных) сводных документов (донесений) по функционированию ПАК Data-центра.

Б.2.5. ПАК для Data-центра в структуре информационно-телекоммуникационной сети Internet должен быть организационно и функционально самостоятельным, разноуровнево-доступным, обеспечивающим предоставление хостинг-услуг органам государственного, муниципального и корпоративного управления, частным пользователям, входящим в структуру соответствующих договорных отношений, в интересах наиболее полного обеспечения указанных органов управления и пользователей технически-достоверными данными. Он также предназначен для автоматизированного взаимодействия с высшими звеньями управления, формированиями других министерств и ведомств, с органами исполнительной власти субъектов РФ в пределах компетенции, применительно к функциям информационного обеспечения управления и информационных потребностей пользователей.

Б.2.6. При совместном функционировании комплексов СМПО и ИЛО ПАК для Data-центра на всех этапах жизненного цикла должно обеспечиваться взаимодействие с:

ПАК Data-центров одного уровня государственного и ли корпоративного управления (по горизонтали управления);

ПАК Data-центров вышестоящего и нижестоящего уровней государственного или корпоративного управления (по вертикали управления);

Согласованными элементами ПАК Data-центров всех уровней управления, как по вертикали, так и по горизонтали управления;

ПАК Data-центров различной ведомственной принадлежности, взаимодействующих в процессе обеспечения государственного или корпоративного управления.

Б.2.7. Должна обеспечиваться совместимость систем защиты информации КСА ПАК Data-центров и взаимодействующих инстанций различной ведомственной принадлежности.

Б.2.8. При удаленном доступе к ресурсам ПАК Data-центра должны обеспечиваться:

- организационно-функциональная совместимость (согласованность временных режимов функционирования по периодичности и конкретным срокам взаимной передачи информации) по горизонтали и вертикали управления;
- информационная совместимость (обеспечение единства информационно-поискового языка, единого порядка сбора и обработки информации, единства типовых форм ее представления, а также применения единой системы классификации и кодирования информации);
- программная совместимость (использование наборов унифицированных программ решения типовых информационно-расчетных задач, базовых информационных технологий различных уровней иерархии управления и взаимодействующих АС в целом);
- лингвистическая совместимость (однозначность технических терминов и других языковых средств, применяемых в сети ПАК Data-центров, а также правил формирования естественного языка).

Б.2.9. ПАК для Data-центра должен обеспечивать компьютерную поддержку деятельности должностных лиц государственного и корпоративного управления соответствующего уровня, для чего должны быть разработаны системы сценариев основных видов деятельности указанных лиц для соответствующего уровня.

Б.2.10. ПАК для Data-центра должен поддерживать систему баз знаний для сценариев деятельности должностных лиц государственного и корпоративного управления соответствующего уровня, для чего должны быть разработаны:

- система понятий и отношений предметной области управления (онтология);
- системы правил, регулирующих предметную область управления;
- сценарии деятельности на основе разработанной онтологии и системы правил;
- система контроля действий по реализации сценариев;
- системы документирования реализации сценариев;
- система корректуры сценариев;
- система помощи.

Б.2.11. ПАК для Data-центра должен поддерживать систему выходных документов и данных для представления должностным лицам соответствующего уровня и взаимодействующим органам государственного и корпоративного управления, для чего должны быть разработаны:

- электронный прототипы типовых рабочих документов;
- электронный прототип распоряжения для подчиненных.

Б.2.12. ПАК для Data-центра должен выполнять функции интеллектуальной поддержки операторов из состава эксплуатирующего расчета, для чего должны быть разработаны:

- информационная модель интеллектуальной поддержки оператора;
- системы классов;
- структура каждого класса;
- модульная архитектура;
- система интерфейсов;
- система документации;
- справочная система.

### Б.3. Требования к эргономике и технической эстетике ПАК для Data-центра.

Б.3.1. В ПАК для Data-центра должны обеспечиваться:

Б.3.1.1 Удобство обращения с информационными ресурсами должностным лицам органов государственного и корпоративного управления, частными пользователями.

Б.3.1.2. Организация унифицированного интерфейса доступа к любой информации, позволяющего детализировать просматриваемую информацию на единых принципах действия.

Б.3.1.3. Удобные настройки интерфейса доступа для различных должностных лиц органов государственного и корпоративного управления в зависимости от выполняемых ими функций.

Б.3.1.4. Организация интерфейса доступа к информации следующих видов:

- фактографической, хранящейся в базе данных;
- документальной, хранящейся в базе документов;
- графической, формируемой в специализированной программной системе и хранящейся в базе документов.

Б.3.1.5. Организация широкой системы помощи, предоставления справочной информации и контекстных подсказок пользователю на любом этапе работы.

Б.3.1.6. Организация использования стандартных форм диалога при типовых действиях пользователя - поиска, выбора и печати файлов, документов, передаче сообщений по сети, средствами электронной почты и др.

Б.3.2. Реализация интерфейса доступа должна предусматривать разработку и внедрение комплексов задач, обеспечивающих организацию диалога пользователей различных органов государственного и корпоративного управления с целью просмотра и редактирования информации находящейся в базах данных ПАК в пределах настраиваемых прав доступа.

Б.4. Требования к надежности ПАК для Data-центра.

Б.4.1. Надежность ПАК для Data-центра должна обеспечиваться:

- комплектацией аппаратной платформы ПАК для Data-центра средствами заданного уровня надежности;
- соответствующей системой качества предприятия – проектанта и реализатора ПАК для Data-центра;
- архивированием информации на серверах и нескольких рабочих машинных носителях средствами администрирования КСА ПАК;
- применением источников гарантированного электропитания всех объектов ЭВТ в составе Data-центра.

Б.4.2. Среднее время восстановления работоспособности ПАК Data-центра после сбоя не должно превышать 10 мин.

Б.5. Требования к эксплуатации, удобству технического обслуживания, ремонта и хранения ПАК для Data-центра.

Б.5.1. Эксплуатация ПАК для Data-центра должна обеспечиваться стандартными средствами администрирования КСА ПАК.

Б.5.2. Сохранность унифицированных компонентов СМПО и ИЛО ПАК для Data-центра должна обеспечиваться на:

- эталонных носителях информации на предприятии разработчике и на объекте эксплуатации;
- рабочих машинных носителях (магнитных и оптических) с настроенной конфигурацией данного объекта и управляемых объектов - на объекте эксплуатации.

Б.5.3. В зависимости от специфики Data-центра могут предъявляться дополнительные требования по эксплуатации, удобству технического обслуживания, ремонта и хранения.

Б.6. Требования к безопасности данных в ПАК для Data-центра.

Б.6.1. Объектами защиты в ПАК Data-центра являются его информационные ресурсы.

Б.6.2. При защите информации ПАК Data-центра должны обеспечиваться:

- конфиденциальность информации, всех непубличных данных в ходе их хранения, обработки и при передаче;
- распределение потоков информации различных уровней конфиденциальности (в зависимости от признаков обособленного хранения сведений, содержащихся в цифровых данных);
- целостность данных при хранении, обработке и передаче;
- доступность данных для их разрешенного использования;
- своевременность их обработки, выдачи исполнителям и передачи;
- исключение программно-технических воздействий на информацию и программные средства с целью нарушения работоспособности технических и программных средств ПАК Data-центра, в том числе воздействие компьютерных вирусов.

Б.6.3. Защита информации должна обеспечиваться:

- подсистемами контроля доступа к ресурсам Data-центра;
- прикладными задачами ПАК Data-центра (обеспечение целостности информации, ее актуальности и непротиворечивости).

Б.7. Требования к стандартизации и унификации в ПАК для Data-центра.

Б.7.1. ПАК должен разрабатываться как совокупность унифицированных комплексов КСА, СМПО и ИЛО адаптируемых (настраиваемых) для каждой конкретного Data-центра.

Б.7.2. Унификация и стандартизация комплексов КСА, СМПО и ИЛО обеспечивается их реализацией на основе:

- единых подходов к проектированию и комплектации типовых технических решений для КСА: серверного оборудования, сетевого оборудования, автоматизированных рабочих мест и пр.



- единых алгоритмов деятельности органов государственного или корпоративного управления при реализации их должностных функций;
- применением базовых информационных компьютерных технологий, принятых на момент создания ПАК Data-центра;
- применением системы стандартных программных интерфейсов для обеспечения информационного сопряжения комплексов СМПО, как внутри одного ПАК, так и между Data-центрами различных уровней государственного или корпоративного управления;
- применения единой системы кодирования и классификации информации, системы формализованных документов, стандартных интерфейсов пользователей, унифицированного языка представления и манипулирования данными;
- применения стандартных протоколов информационного обмена в сети ПАК Data-центров и в Internet;
- стандартов среды открытых систем и модели взаимодействия открытых систем.

#### Б.8. Требования к технологичности ПАК для Data-центра.

Б.8.1. Должны обеспечиваться требования по модернизации, адаптируемости, масштабируемости КСА, СМПО и ИЛО ПАК Data-центра.

Б.8.2. Программные комплексы ПАК Data-центра должны разрабатываться с применением CASE и RAD технологий (средств автоматизации проектирования и разработок).

#### Б.9. Требования к составу функциональных задач ПАК для Data-центра.

Б.9.1. Функционально СМПО и ИЛО ПАК Data-центра должно включать в себя следующие основные типовые функциональные блоки:

- обеспечения хостинг-услуг;
- обеспечения сбора, хранения данных и учета ресурсов;

- предоставления удаленных сервисов;
- формирования выходных потоков данных.

Б.9.2. Функциональный блок обеспечения хостинг-услуг должен включать следующие комплексы задач:

- комплекс задач формирования предложений по организации и регламенту использования технических средств ПАК;
- комплекс задач формирования предложений по организации взаимодействия ПАК Data-центра с другими центрами и ресурсами в сети Internet, АС взаимодействующих информационных сетей и систем.

Б.9.3. Функциональный блок сбора, хранения данных и учета ресурсов должен включать следующие комплексы задач:

- комплекс задач сбора данных от внутренних и внешних источников информации;
- комплекс задач проверки целостности, актуальности, непротиворечивости параметров поступающих данных;
- комплекс задач ввода информации, полученных по неавтоматизированным каналам в базу данных ПАК Data-центра;
- комплекс задач поиска по заданным критериям и корректуры значений параметров элементов цифровых данных в базе данных;
- комплекс задач ведения динамического учета распределения ресурсов ПАК по данным от всех источников информации;
- комплекс задач формирования контрольной карты ресурсов на основе информации из базы данных ПАК Data-центра;
- комплекс задач масштабирования, формирования тематических слоев потоковой обработки данных по заданным параметрам и критериям.

Б.9.4. Функциональный блок формирования выходных потоков данных должен включать следующие комплексы задач:

- комплекс задач формирования выходных пакетов данных по запросам пользователей, а так же оперативных, справочных и отчетных документов о характеристиках этих пакетов;
- комплекс задач обеспечения функциональных систем ПАК Data-центра, взаимодействующих АС требуемыми данными;
- комплекс задач формирования запросов в функциональные системы взаимодействующих АС обработки и хранения информации на уточнение данных по обозначенным элементам.

Б.10. Требования к организации информационных ресурсов ПАК для Data-центра.

Б.10.1. Информационные ресурсы ПАК Data-центра должны быть организованы в виде:

- системы основных баз данных (банков данных);
- системы резервирующих баз данных;
- системы промежуточных (рабочих, вспомогательных) баз данных.

Б.10.2. Организация информационных ресурсов ПАК Data-центра должна основываться на:

- единой системе унифицированных форматов хранения данных;
- единой системе классификации и кодирования информации;
- на системе методов, правил подготовки, создания и доведения информации, используемых в сети ПАК Data-центров в части:
- организации документооборота;
- организации ведения баз данных;
- протоколов обмена информации;
- методов доступа и работы с информацией с АРМ пользователей.

Б.10.3. Методы доступа и работы с информацией должны обеспечить унифицированный и прозрачный доступ должностных лиц органов государственного и корпоративного управления пользователей к тре-

буемым информационным ресурсам ПАК Data-центра в соответствии с имеемыми полномочиями.

Б.11. Требования к временным характеристикам автоматизированного выполнения функций в ПАК для Data-центра.

При обработке запросов пользователей и выполнении функций внутреннего администрирования в ПАК для Data-центра должно обеспечиваться:

Б.11.1. Время поиска требуемых данных по заданным критериям поиска независимо от адресации нахождения - не более 0,2 мин.

Б.11.2. Время доступа пользователей с удаленных автоматизированных рабочих мест к информационным ресурсам коллективного пользования:

Б.11.2.1. К ресурсам распределенной информационной системе нескольких ПАК - не более 10 сек.

Б.11.2.2. К базе данных, размещенной на средствах самого ПАК - не более 2 сек.

Б.11.2.3. К информации баз данных с отбором требуемых сведений и формированием документов - не более 0,3 мин.

Б.11.3. Время решения информационно-расчетной задачи (математической модели):

Б.11.3.1. Время решения расчетной задачи – не более 0,5 мин.

Б.11.3.2. Для условий удаленного доступа (с пересчетом опорных значений нормативных данных) – не более 0,8 мин.

Б.11.3.3. Время обновления информации в базе данных формализованных сообщений – не более 10 сек.

Б.11.3.4. Для сложных составных моделей интеллектуальной поддержки должностных лиц органов государственного и корпоративного управления время решения определяется сценарием моделирования.

## Б.12. Требования по видам обеспечения ПАК для Data-центра.

### Б.12.1. Требования к метрологическому обеспечению

Б.12.1.1. Требования к метрологическому обеспечению обеспечиваются типовыми КСА, в среде которых функционирует СМПО и ИЛО ПАК.

Б.12.1.2. В зависимости от специфики Data-центра могут предъявляться дополнительные требования к метрологическому обеспечению.

### Б.12.2. Требования к диагностическому обеспечению

Б.12.2.1. Требования к диагностическому обеспечению обеспечиваются типовыми КСА, в среде которых функционирует СМПО и ИЛО ПАК.

Б.12.2.2. В зависимости от специфики Data-центра могут предъявляться дополнительные требования к диагностическому обеспечению.

### Б.12.3. Требования к специальному математическому обеспечению

Б.12.3.1. Функционально-расчетные задачи (модели) должны давать пользователю непротиворечивые результаты при расчетах на одинаковых наборах исходных данных.

Для этого должна быть обеспечена:

- согласованность критериев и показателей эффективности задач (математических моделей);
- согласованность системы учитываемых факторов;
- согласованность системы ограничений и допущений.

Б.12.3.2. Информационно-расчетные задачи и математические модели одинакового назначения должны быть унифицированы.

### Б.13. Требования к документации и испытаниям ПАК для Data-центра.

Б.13.1. Конструкторская и эксплуатационная документация на ПАК для Data-центра должна разрабатываться в соответствии с требованиями ЕСКД, ЕСПД, ГОСТ Р 51189-98.

Б.13.2. По составу, содержанию и оформлению эксплуатационная документация должна соответствовать требованиям ГОСТ 2.601-95 и ГОСТ РД 2.601-96, ГОСТ Р 51189-98

Б.13.3. Порядок проверки, согласования и утверждения конструкторской и эксплуатационной документации должен соответствовать требованиям ГОСТ 2.902-68, ГОСТ Р 15.203-2001.

Б.13.4. Порядок испытаний ПАК для Data-центра должен соответствовать ГОСТ Р 15.210-2001.

### Б.14. Техничко-экономические требования к ПАК для Data-центра.

Б.14.1. На этапе проектирования ПАК для Data-центра должна быть выполнена оценка полной стоимости его изготовления (проектирования, комплексирования, формирования, поставки, монтажа, ввода в эксплуатацию и сдачи заказчику) и технического обслуживания в процессе эксплуатации.

Б.14.2. Стоимость годовой эксплуатации ПАК для Data-центра, необходимое количество обслуживающего персонала окончательно определяются и уточняются на этапе опытной эксплуатации (перед вводом в базовую эксплуатацию).

# Приложение В

## Акты внедрения



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
«Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения»  
(ГУАП)

ул. Большая Морская, д. 67, лит. А, Санкт-Петербург, 190000, Тел. (812) 710-6510, факс (812) 494-7057,  
E-mail: common@aanet.ru ОГРН 1027810232680, ИНН/КПП 7812003110/783801001

№ \_\_\_\_\_

На № \_\_\_\_\_

от \_\_\_\_\_



### АКТ О ВНЕДРЕНИИ

результатов диссертационной работы  
Морозова Сергея Александровича

«Метод оценки и средства улучшения качества программно-аппаратных комплексов центров хранения и обработки данных»

Комиссия в составе:

Председатель – доцент кафедры инноватики и интегрированных систем качества С.А. Назаревич

Члены комиссии: заместитель заведующего кафедрой инноватики и интегрированных систем качества М.С. Смирнова

доцент кафедры инноватики и интегрированных систем качества М.А. Добросельский

составили настоящий акт о том, что результаты диссертационной работы «Метод оценки и средства улучшения качества программно-аппаратных комплексов центров хранения и обработки данных», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук:

- модель повышения результативности облачных вычислений за счет использования динамических программных библиотек и сервисов прикладного функционала дает возможность добиться роста результативности функционирования программно-аппаратных комплексов Data-центров, путем внедрения в их функционирование более совершенной схемы предоставления хостинг-услуг органам государственного и корпоративного управления, а так же коммерческим потребителям,
- базисная совокупность требований к формированию программно-аппаратных комплексов Data-центров дает возможность выйти на более высокий уровень типизации процедур построения указанных комплексов, путем более полного учета многофакторности процессов их проектирования, создания и эксплуатации,

– использованы в деятельности Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения».

Материалы диссертационной работы Морозова Сергея Александровича были использованы в учебном процессе в дисциплинах «Компьютерные технологии управления качеством», «Методы и инструменты автоматизации оценки качества», читаемых на кафедре №5 Инноватики и интегрированных систем качества для студентов направлений «Управление качеством», «Инноватика».

Председатель комиссии  
канд. техн. наук

С.А. Назаревич

Члены комиссии:  
канд. техн. наук, доцент

М.С. Смирнова

канд. техн. наук, доцент

М.А. Добросельский



Акционерное общество  
«Научно-производственное предприятие «Радар ммс»

197375, Россия, Санкт-Петербург  
ул. Новосельковская, д.37, лит. А  
тел.: +7 (812) 777-50-51  
факс: +7 (812) 600-04-49  
e-mail: radar@radar-mms.com  
www.radar-mms.com

092-1168  
09.10.2017

УТВЕРЖДАЮ  
Исполнительный директор  
кандидат технических наук,


И.Г.Анцев

### АКТ ВНЕДРЕНИЯ

результатов диссертационной работы МОРОЗОВА Сергея Александровича, представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.02.23 – Стандартизация и управление качеством продукции

Комиссия в составе:

**Председатель** – начальник центра, канд.техн.наук, доцент И.Р. Карпова

**Члены комиссии:**

ст.научн.сотрудник, докт.техн.наук, Заслуженный деятель науки и техники РФ, доцент Бундин Г.Г.

заместитель директора НПК ММСН – директор научного комплекса, д.т.н., проф. Богословский С.В.

руководитель группы Полторак А.А.

настоящим актом подтверждает, что научные выводы, положения и рекомендации, сформулированные в диссертационной работе Морозова С.А.:

- метод оценки качества программно-аппаратных комплексов центров обработки и хранения данных;



- модель повышения результативности облачных вычислений за счет использования динамических программных библиотек и сервисов прикладного функционала;
- методика определения отклик-процедур улучшения качества программно-аппаратных комплексов центров обработки и хранения данных.

использованы при разработке специального программного обеспечения систем управления и наведения изделий серии 500, а также при создании программно-аппаратных комплексов подготовки полетных заданий.

Использование результатов диссертационного исследования Морозова С.А. обеспечило снижение среднего времени проектирования и отладки программного модуля реализации типовой прикладной функции хостинг-услуги на 18 -20%; снижение трудозатрат на проектирование и создание ПАК Data-центров (среднего времени проектирования и отладки программного модуля реализации типовой прикладной функции хостинг-услуги на 18 -20%);

Председатель комиссии

И.Р. Карпова

Члены комиссии

С.В. Богословский

Г.Г. Бундин

А.А. Полторак

Федеральное государственное  
бюджетное учреждение науки  
Санкт-Петербургский институт  
информатики и автоматизации  
Российской академии наук  
(СПИИРАН)

199178, Санкт-Петербург, 14 линия, 39  
Телефон: (812)328-33-11  
Факс: (812)328-44-50  
E-mail: [spiiiran@iias.spb.su](mailto:spiiiran@iias.spb.su)  
<http://www.spiiiras.nw.ru>  
ОКПО 04683303, ОГРН 1027800514411  
ИНН/КПП 7801003920/780101001

10.01.2018 № 1164-8/11/24.....

УТВЕРЖДАЮ

ВРИО Директора СПИИРАН

профессор РАН



Д.Ронжин

"10" января 2018

### АКТ

#### О ВНЕДРЕНИИ РЕЗУЛЬТАТОВ НАУЧНОЙ РАБОТЫ

соискателя Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения Морозова Сергея Александровича

Комиссия в составе:

Председатель – Заведующий лабораторией СПИИРАН,  
доктор технических наук, профессор Искандеров Юрий Марсович;

Члены комиссии:

- Ученый секретарь СПИИРАН,  
кандидат военных наук, доцент Силла Евгений Петрович;
- Старший научный сотрудник СПИИРАН,  
кандидат технических наук Потапычев Сергей Николаевич;

составила настоящий акт в том, что в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Санкт-Петербургском институте информатики и автоматизации Российской академии наук (СПИИРАН) при разработке базовых программных решений по развитию инфраструктуры глобальных автоматизированных пространственных систем, использованы следующие результаты научной работы соискателя Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения Морозова Сергея Александровича:

1. Метод оценки качества программно-аппаратных комплексов центров обработки и хранения данных (Data-центров);

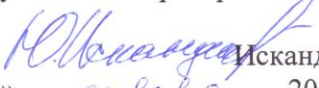
2. Базисная совокупность требований к формированию программно-аппаратных комплексов центров обработки и хранения данных;

3. Модель повышения результативности облачных вычислений за счет использования динамических программных библиотек и сервисов прикладного функционала;


4. Методика определения отклик-процедур улучшения качества программно-аппаратных комплексов центров обработки и хранения данных.

Внедрение указанных результатов позволило добиться сокращения затрат на разработку и кодирование программного обеспечения для центров обработки и хранения данных на 10-15%, сократить время разработки и реализации указанных проектов на 20-25% в среднем, а так же добиться сокращения времени тестирования и отладки одной типовой программной компоненты для указанных комплексов в среднем в 1,5-2 раза.


Заведующий лабораторией СПИИРАН

  
Искандеров Ю.М.  
«10» января 2018 г.

Ученый секретарь СПИИРАН

  
Силла Е.П.  
«10» января 2018 г.

Старший научный сотрудник СПИИРАН

  
Потапычев С.Н.  
«10» января 2018г.



Акционерное общество  
«СПИИРАН-Научно-техническое  
Бюро Высоких Технологий»

Экз. 1



**АО «СПИИРАН-НТБВТ»**  
199178, Санкт-Петербург, 14 линия, 39  
Телефон: (812)328-01-79  
Факс: (812)329-08-63  
E-mail: [shal@oogis.ru](mailto:shal@oogis.ru)  
<http://ntb.oogis.ru>; <http://www.oogis.ru>

Исх. № 10/211 от «14» марта 2018 г.  
На № \_\_\_\_\_.

УТВЕРЖДАЮ

Генеральный директор Акционерного общества «СПИИРАН - Научно-техническое Бюро Высоких Технологий» доктор технических наук, профессор

Ковалевский Н.Г.



### АКТ

#### О ВНЕДРЕНИИ РЕЗУЛЬТАТОВ НАУЧНОЙ РАБОТЫ

соискателя Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения  
Морозова Сергея Александровича

Комиссия в составе:

Председатель – Ведущий научный сотрудник АО «СПИИРАН-НТБВТ»,  
доктор военных наук, профессор Волгин Павел Николаевич;

Члены комиссии:

- Старший научный сотрудник АО «СПИИРАН-НТБВТ»,  
доктор технических наук, профессор Малый Владимир Владимирович;
- Главный конструктор АО «СПИИРАН-НТБВТ»,  
кандидат технических наук, доцент Ермолаев Виктор Иванович;

составила настоящий акт в том, что в Акционерном Обществе «СПИИРАН – Научно-техническое Бюро Высоких Технологий» (АО «СПИИРАН-НТБВТ») при проектировании и создании программно-аппаратных комплексов хранения и обработки данных внедрен стандарт предприятия СТП-СНДА.012-2017: «Оценка и процедуры улучшения качества программно-аппаратных комплексов центров обработки и хранения данных для предоставления хостинг-услуг потребителям», который определяет прикладные методики и процедуры оценки, улучшения качества указанных комплексов.

При его разработке использованы следующие научные работы соискателя Санкт-Петербургского государственного университета аэрокосмического приборостроения Морозова Сергея Александровича:

1. Метод оценки качества программно-аппаратных комплексов центров обработки и хранения данных (Data-центров);
2. Базисная совокупность требований к формированию программно-аппаратных комплексов центров обработки и хранения данных;
3. Модель повышения результативности облачных вычислений за счет использования динамических программных библиотек и сервисов прикладного функционала;
4. Методика определения отклик-процедур улучшения качества программно-аппаратных комплексов центров обработки и хранения данных.

Внедрение указанного стандарта предприятия обеспечило снижение финансовых затрат на проектирование и формирование программно-аппаратных комплексов для центров обработки и хранения данных на 5-10%, сокращение времени ввода в эксплуатацию указанных комплексов в среднем в 1,5 раза.


Ведущий научный сотрудник  
АО «СПИИРАН-НТБВТ»

 Волгин П.Н.  
« 14 » 05 2018 г.

Старший научный сотрудник  
АО «СПИИРАН-НТБВТ»

 Малый В.В.  
« 14 » 05 2018 г.

Главный конструктор  
АО «СПИИРАН-НТБВТ»

 Ермолаев В.И.  
« 14 » 05 2018г.