

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического
приборостроения»

На правах рукописи



Ястребов Виктор Анатольевич

**МЕТОД УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ РАЗРАБОТКИ ПРОГРАММНЫХ
КОМПЛЕКСОВ ОБРАБОТКИ И ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ**

Специальность 05.02.23 – Стандартизация и управление качеством продукции

Автореферат диссертации
на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Санкт-Петербург – 2017

Работа выполнена на кафедре инноватики и интегрированных систем качества Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения»

Научный руководитель

Семенова Елена Георгиевна

доктор технических наук, профессор,
Лауреат Премии Правительства Российской Федерации, Заслуженный работник высшей школы Российской Федерации

Официальные оппоненты

Черненькая Людмила Васильевна

доктор технических наук, старший научный сотрудник, профессор Высшей школы киберфизических систем и управления ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого»

Дмитриев Павел Игоревич

кандидат технических наук,
руководитель технической группы
ООО «ОпенВэй Сервис»

Ведущая организация

АО «Научно-производственное предприятие «Радар ммс», 197372, Санкт-Петербург, Новосельковская, 37, лит. А

Защита состоится «22» декабря 2017 г. в 14.00 часов на заседании диссертационного совета Д 212.233.04 при Федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения» по адресу: 190000, Санкт-Петербург, ул. Большая Морская, д. 67, лит. А.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения» по адресу: 190000, Санкт-Петербург, ул. Большая Морская, д. 67, лит. А. Автореферат и текст диссертации размещены на сайте университета <http://dissov.guap.ru>.

Автореферат разослан «10» ноября 2017 г.

Ученый секретарь

диссертационного совета Д 212.233.04
канд. техн. наук, доцент



Фролова Е.А.

I. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования. В рамках развития передовых инфотелекоммуникационных технологий качество обработки и передачи данных является одним из важнейших показателей успешной деятельности автоматизированных комплексных систем управления производством, определяющих в конечном итоге конкурентоспособность государства в целом.

Развитие автоматизированных производственных систем с использованием глобальных информационных сетей привело к становлению новых методов информационной поддержки жизненного цикла (ЖЦ) разнообразных инфотелекоммуникационных систем, результативность применения которых во многом основывается на разработке программных комплексов обработки и передачи данных (ПКОПД), обеспечивающих необходимый уровень качества функционирования, отвечающего поставленным требованиям.

В Концепции долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации до 2020 года отмечается недостаточный уровень качества и темпов инновационного развития страны. Конкурентоспособность России во многом связана с уровнем развития отечественных информационных технологий. Так, в соответствии со «Стратегией развития отрасли информационных технологий в Российской Федерации на 2014–2020 годы и на перспективу до 2025 года» в рамках приоритетных направлений исследований и разработок в области информационных технологий предусматривается разработка новых способов хранения, обработки и передачи данных, а также протоколов сетевого взаимодействия. Актуальность этих задач определяется их соответствием таким критическим технологиям Российской Федерации как «Технологии и программное обеспечение распределенных и высокопроизводительных вычислительных систем», «Технологии информационных, управляющих, навигационных систем», а также «Технологии доступа к широкополосным мультимедийным услугам». В Указе Президента «О стратегии развития информационного общества в Российской Федерации на 2017-2030 годы» от 9 мая 2017 года отмечается особая роль повышения конкурентоспособности Российских информационных и коммуникационных технологий на международном уровне. Кроме того, особую значимость имеет реализация программы «Цифровая экономика Российской Федерации», утверждённая Постановлением Правительства России 28 июля 2017 года, в которой среди основных целей выделена необходимость развития сетей передачи данных с учетом технических требований, предъявляемых к цифровым технологиям.

Таким образом, научная задача, направленная на развитие методов разработки ПКОПД с целью повышения их результативности с учетом выдвигаемых требований к качеству обработки и передачи данных со стороны потребителей и других заинтересованных сторон, является актуальной.

Степень разработанности научной проблемы. Вопросы теории, методологии и практики управления качеством обработки данных рассматриваются в работах ряда отечественных и зарубежных ученых.

В решение задач, связанных с этой проблемой, внесли существенный научный вклад Е.Г. Семенова, А.Г. Варжапетян, Б.В. Бойцов, А.С. Васильев, Л.В. Черненькая, Н.Н. Рожков, Г.Г. Азгальдов. Необходимо отметить ставшие уже классическими в управлении качеством работы таких ученых, как Э. Деминг, А.У. Шухарт, К. Ишикава, Д. Джуран и ряда других.

С развитием и усложнением программных средств и информационных систем, на первый план вышли задачи оценки и улучшения качества программных комплексов. Проблемам управления процессом разработки программных комплексов и управления ИТ-услугами посвящены исследования Ф. Брукса, У. Хэмфри, Ф. Кратчена, М. Полка, М. Мюллера, Т. Фелманна, С. Кана и других видных ученых. Среди авторов работ из России и стран СНГ можно выделить В.А. Липатникова, Я.А. Ивакина, Р. М. Юсупова и другие.

Значительный вклад в рассмотрении данных задач внесли такие организации, как ISO, Microsoft, Oracle и другие.

Вместе с тем, анализ отечественных и зарубежных научных работ показал, что в них недостаточно полно рассмотрены вопросы разработки ПКОПД, отвечающих таким важнейшим критериям, как функциональные возможности, надежность, результативность и др. Кроме того, не в полной мере исследованы теоретические и практические проблемы оценки качества процессов обработки и передачи данных.

В настоящее время имеется серьезное противоречие между потребностью в использовании современного научно-обоснованного инструментария оценки и улучшения качества процесса разработки ПКОПД и реально существующими методами обеспечения результативности его проектирования и разработки. Помимо этого, существует ряд недостаточно разработанных теоретических и практических вопросов, относящихся к обработке и передаче данных в сетях связи. Требуется дальнейшей проработки проблема, связанная с большим числом контролируемых параметров качества ПКОПД и ограниченными физическими возможностями их непосредственного контроля со стороны разработчиков. Все это приводит к низкой результативности процессов реализации и поддержки их ЖЦ, в особенности на этапе разработки.

Значимость проблем в области качества обработки и передачи данных, а также не в полной мере изученная совокупность задач, относящаяся к данной научной сфере, определили выбор темы, цели и задач диссертационной работы.

Цель диссертационного исследования заключается в обеспечении качества процесса разработки ПКОПД на основе создания научно-методического инструментария повышения их результативности с учетом выдвигаемых требований к качеству обработки и передачи данных со стороны потребителей и других заинтересованных сторон.

Для достижения поставленной задачи необходимо разработать метод управления качеством разработки ПКОПД, учитывающий условия его эксплуатации и особенности ЖЦ, а также обеспечивающий минимизацию рисков за счет сокращения времени тестирования и отладки программного модуля при внедрении ГОСТ Р ИСО 9001-2015.

Для достижения сформулированной цели в работе поставлены и решены следующие частные **задачи** исследования:

- формирование комплексной модели разработки ПКОПД, состоящей из модели качества функционирования с определением требований к модели разработки и модели процесса разработки ПКОПД;
- разработка метода обеспечения результативности разработки ПКОПД;
- разработка методики управления качеством объектов визуальных данных с учетом потребностей пользователей ПКОПД;
- разработка формализованной процедуры оценки и обеспечения результативности процесса разработки ПКОПД.

Объектом исследования является процесс разработки ПКОПД.

Предметом исследования является управление результативностью процесса разработки ПКОПД.

Методами исследований диссертационной работы являются: методы сравнения, систематизации, группировки, обобщения экспертных оценок, статистики объектов данных, многокритериального выбора оптимального решения, статистические методы, методы построения и анализа многофакторных процессов.

Обоснованность и достоверность результатов диссертационного исследования состоят в использовании авторитетных научных разработок в области управления качеством научной сферы, опубликованных в печати, определяется корректностью применения математических моделей, инструментов и методов оценки качества, а также опубликованных автором основных результатов диссертационной работы в рецензируемых научных журналах.

Тематика работы соответствует содержанию следующих областей исследования паспорта специальности 05.02.23 - Стандартизация и управление качеством продукции: 1) методы анализа, синтеза и оптимизации, математические и информационные модели состояния и динамики качества объектов; 3) методы стандартизации и менеджмента (контроль, управление, обеспечение, повышение, планирование) качества объектов и услуг на различных стадиях жизненного цикла продукции 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 на базе стандартизации.

Основные научные результаты, выносимые на защиту:

1. Комплексная модель разработки ПКОПД.
 - 1.1. Модель качества функционирования ПКОПД;
 - 1.2. Модель процесса разработки ПКОПД.
2. Метод обеспечения результативности разработки ПКОПД.
3. Научно-технические предложения по практической реализации метода обеспечения результативности процесса разработки ПКОПД.
 - 3.1. Методика управления качеством объектов визуальных данных с учетом потребностей пользователей ПКОПД;

3.2. Формализованная процедура оценки и обеспечения качества процесса разработки ПКОПД.

Научной новизной обладают следующие результаты исследования:

- комплексная модель разработки ПКОПД, включающая в себя модель качества функционирования ПКОПД и модель качества разработки ПКОПД, основанная на процессном подходе и отличающаяся многокритериальностью и учетом современных технических требований к процессу разработки ПКОПД;
- метод обеспечения результативности разработки ПКОПД, отличающийся наличием механизма управления рисками в процессе разработки программных комплексов и обеспечивший повышение результативности процесса разработки, а также качества выпускаемой продукции;
- научно-технические предложения по практической реализации метода обеспечения результативности процесса разработки ПКОПД, включающие в себя методику управления качеством объектов визуальных данных и формализованную процедуру оценки и обеспечения качества процесса разработки ПКОПД, которые позволили добиться сокращения времени тестирования и отладки одной типовой программной компоненты для ПК, снизить количество допущенных на этапе разработки ПК ошибок и уменьшить затраты временных ресурсов, связанных с разработкой и вводом в эксплуатацию ПК.

Практическая значимость полученных научных результатов состоит в следующем:

- комплексная модель разработки программных комплексов и реализованный на ее основе алгоритм управления качеством процесса обработки и передачи данных, а также формализованная процедура оценки и обеспечения качества процесса разработки программных комплексов, учитывающая влияние рисков при реализации проектов, нашли практическое применение при разработке ПО на предприятии ОАО «НИО ЦИТ «Петрокомета»;
- комплексная модель разработки ПКОПД, метод обеспечения результативности разработки ПКОПД, а также научно-технические предложения по его практической реализации нашли практическое применение при разработке базовых программных решений и проведении ОКР ГБУН СПИИРАН;
- разработан типовой стандарт организации “Комплексная оценка качества разработки программных комплексов”, который прошел утверждение и внедрение на предприятии ООО “Финист-софт” и позволил усовершенствовать ряд процессов разработки программных комплексов в рамках СМК предприятия;
- результаты исследований использованы в учебном процессе ФГАОУ ВО "Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения" в дисциплинах «Компьютерные технологии управления качеством» и «Компьютерные технологии в инновационной сфере»,

что подтверждено соответствующими актами о внедрении результатов диссертационного исследования.

Личный вклад автора состоит в непосредственной разработке моделей, метода и научно-технических предложений по его реализации. Основные научные

результаты и выводы, содержащиеся в диссертации, получены автором самостоятельно. Соискатель принимал личное участие в апробации и внедрении результатов исследования, а также публикации результатов диссертации.

Апробация результатов исследования. Теоретические и методические результаты диссертационного исследования обсуждались на конференциях, а именно: Всероссийская научная конференция по проблемам информатики «СПИСОК» (Санкт-Петербург, 2013 – 2014 г.), 66-я, 67-я международные научно-технические конференции ГУАП (Санкт-Петербург, 2013-2014 г.), международный симпозиум «Проблемы избыточности в информационных и контролируемых системах» (Санкт-Петербург, 2014 г.), международная конференция «Инновационные информационные технологии» (Прага, 2014 г.), международная конференция «Интеллектуальные интерактивные мультимедиа приложения: системы и сервисы» (Сорренто, 2015 г.), международная научно-практическая конференция «Актуальные задачи математического моделирования и информационных технологий» (Сочи, 2017 г.), международная научно-техническая конференция «Менеджмент качества, транспортная и информационная безопасность, информационные технологии» (Санкт-Петербург, 2017 г.),

Публикации по теме диссертации отражены в **18** публикациях общим объемом 4,4 п.л., в т. ч. авторским объемом 4,1 п. л., в т. ч. **7** статей в журналах, рекомендованных ВАК, **8**-и тезисах докладов и статьях в научных сборниках, 2-х свидетельствах о государственной регистрации программы для ЭВМ и 1-ом патенте.

Структура и объем диссертации

Диссертация состоит из введения, четырех разделов, заключения, списка использованных источников, содержащих 127 наименований, и 3 приложений.

II. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ, ВЫНОСИМЫЕ НА ЗАЩИТУ

Во введении обоснована актуальность выбранной темы, сформулированы цель, основные задачи, объект и предмет исследования, отражена научная новизна и практическая значимость, приведены основные положения, выносимые на защиту, сведения об апробации и внедрении результатов работы.

В первом разделе «Управление качеством программных комплексов обработки и передачи данных» описаны основные подходы к оценке систем обработки и передачи данных.

Рассмотрены особенности функционирования ПКОПД применительно к обработке данных в инфотелекоммуникационных системах. В обобщенном виде состав и функциональная структура ПКОПД приведены на рисунке 1.

В работе сформулировано понятие программного комплекса (ПК), под которым на основании ГОСТ 19.101-77 и ГОСТ Р 28806-90 понимается программное средство (ПС), состоящее из программ, процедур и сопутствующих данных, относящихся к функционированию системы обработки информации.

Произведен анализ показателей качества ПК и алгоритмов обработки и передачи данных, с учетом специфики функционирования инфотелекоммуникацион-

ных систем. Проведен сопоставительный анализ стандартов, моделей и подходов, применяемых для разработки ПКОПД.

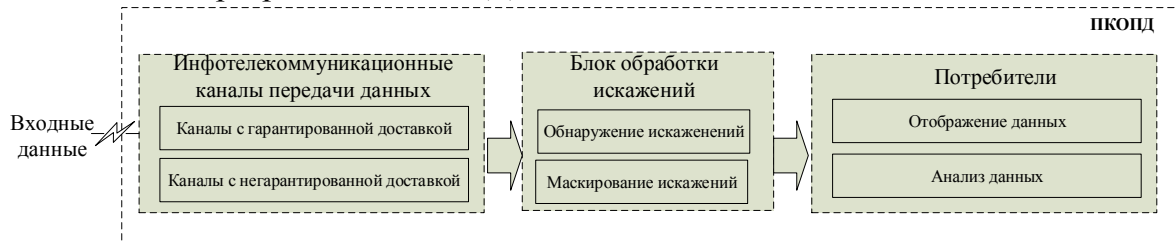


Рисунок 1 - Обобщенное представление состава и функциональной структуры типового ПКОПД

Одной из важнейших типовых задач, решаемых с помощью ПКОПД, является проведение процедуры автоматизированной индексации полученных с использованием инфотелекоммуникационных систем визуальных данных, предназначенной для оперативного получения информации об объектах наблюдения.

Для проведения процедуры индексации необходимо производить поиск смены сцены. С этой целью, как правило, используется метод анализа гистограмм, основные шаги которого можно представить следующим образом:

1. Расчет гистограмм интенсивностей для базовых кадров:

$$Hist = \{h_0^k, h_1^k, h_2^k, \dots, h_{255}^k\},$$

где h_i^k - количество пикселей в кадре, у которых значение яркостной компоненты равно i : $h_i^k = \frac{|\{Y_{x,y} : Y_{x,y} = i\}|}{W * H}$; k - идентификатор базового кадра ($k = t$ для текущего базового кадра и $k = t + 1$ для следующего), W и H - соответственно, ширина и высота анализируемого кадра.

2. Нахождение среднего значения абсолютных разностей между соответствующими столбиками гистограмм:

$$meanD = \sum_i |h_i^t - h_i^{t+1}|$$

3. В случае если $meanD$ превышает заданный заранее определенный порог, то предполагается что кадры t и $t + 1$ относятся к разным сценам.

Методология проектирования и разработки ПКОПД для инфотелекоммуникационных систем базируется на известных концепциях ЖЦ ПС и, следовательно, модели, алгоритмы и стандарты управления качеством процесса разработки ПС применимы и при создании ПК различного назначения.

Показано, что одним из ключевых инструментов успешного устойчивого развития и применения ПКОПД является стандартизация, позволяющая установить общие принципы, процессы и инструменты для создания результативных ПК и ПС, и предполагающая постоянный контроль свойств создаваемой продукции или услуги, а также характеристик процессов.

Особую значимость при разработке ПКОПД приобретают вопросы управления рисками. Основная цель менеджмента риска заключается в непрерывной реализации процессов идентификации, анализа, обработки и мониторинга рисков.

Подтверждением этого являются результаты анализа международных стандартов: ГОСТ Р ИСО/МЭК 15504:2009, ГОСТ Р ИСО/МЭК 12207:2010 и других.

В работе рассмотрены особенности процессов, лежащих в основе ЖЦ ПС, и конкретизированы пути применения разрабатываемого научно-методического аппарата с практической точки зрения, что определяет практическую значимость диссертационного исследования.

В целом, управление качеством ПКОПД является сложной задачей, для успешной реализации которой необходимо изначально фокусироваться на формировании результативной системы создания ПК, обеспечивая постоянный контроль и мониторинг его характеристик на всех этапах разработки. При этом, в диссертационном исследовании показано, что, руководствуясь стандартом ГОСТ Р ИСО 9001-2015, при разработке ПКОПД необходимо использовать процессный подход, который включает в себя цикл Деминга, ориентирующий разработчиков на обеспечение своевременных шагов в части проведения необходимых корректирующих или предупреждающих действий. В работе показано, что их реализация может быть результативно осуществлена с использованием методов тестирования, которые обеспечивают предотвращение нежелательных результатов и устранение причин несоответствий, что, в свою очередь, позволяет снизить риски, возникающие при разработке ПКОПД (рисунок 2).

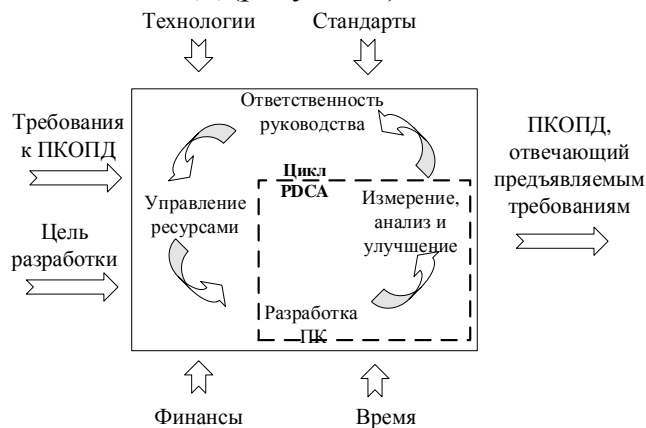


Рисунок 2 - Обеспечение результативности процесса разработки ПКОПД

На основании всесторонней оценки важности процессов, лежащих в основе создания ПКОПД, и учета выявленных недостатков в существующих подходах к управлению качеством процесса их разработки, в диссертации обоснована актуальность создания моделей, метода, методики и процедуры, а также сформулирована постановка задачи исследования и определены основные направления и пути ее решения.

Во втором разделе «Комплексная модель разработки программных комплексов обработки и передачи данных» проведен анализ основных методов и моделей управления качеством разработки ПКОПД, рассмотрены основные категории ошибок в канале передачи данных, влияющие на характеристики качества ПКОПД, и определены типовые причины их возникновения. Приведены наиболее результативные методы обработки возникающих ошибок, а также рассмотрены их достоинства и недостатки.

Предложена классификация методов борьбы с ошибками, возникающими в канале передачи данных. Показано, что одним из наиболее результативных подходов является применение метода восстановления визуальных данных, успешность применения которого во многом определяется наличием сильной корреляции значений пикселей, применяемых для интерполяции, со значениями пикселей, искаженных в результате передачи.

Приведены существующие подходы к организации взаимодействия сетевых объектов: без использования промежуточного сервера – так называемое прямое соединение, и с использованием промежуточного сервера (ретранслятора данных). В зависимости от различных факторов при использовании прямого соединения в ряде случаев возможны потери при передаче данных, что может существенно повлиять на характеристики качества ПКОПД в целом.

В работе проведен анализ моделей, применяемых для управления качеством разработки ПК. Для каждой из рассмотренных моделей выявлен ряд достоинств и недостатков, которые в значительной степени позволили выявить специфику сферы их использования на различных этапах ЖЦ, определенных в соответствии с ГОСТ Р ИСО/МЭК 12207-2010.

Предложена и обоснована модель качества функционирования ПКОПД, позволяющая установить совокупность основных характеристик и параметров, влияющих на результативность его работы, учитывающая риск возникновения визуальных искажений и особенности топологии современных сетей передачи данных:

$$P_f = S \left[\lambda \|\hat{\mathbf{x}} - \mathbf{y}\|_2^2 + \sum_{ij} \mu_{ij} \|\mathbf{a}_{ij}\|_0 + \sum_{ij} \|\mathbf{D}\mathbf{a}_{ij} - \mathbf{R}_{ij}\mathbf{y}\|_2^2 \right] + f(N),$$

где P_f – показатель качества функционирования ПКОПД, S – коэффициент значимости восстановления данных, $\hat{\mathbf{x}}$ – восстановленное изображение, \mathbf{y} – искаженное изображение, $f(N)$ – штрафное слагаемое, величина которого определяется типом установленного соединения, N – размер MTU, а λ , μ_{ij} , \mathbf{a}_{ij} , \mathbf{R}_{ij} и \mathbf{D} – параметры разреженного кодирования. Оптимизационная задача, основанная на данной модели, заключается в достижении максимального значения P_f .

С учетом особенностей функциональной модели сформирована модель процесса разработки ПКОПД, предназначенная для достижения максимальных значений комплексного показателя P_k , характеризующего качество процесса разработки ПКОПД:

$$\begin{aligned} P_k &= P([\{\alpha\}_k], [\{\beta\}_k], [\{\gamma\}_k]) \rightarrow \max, \\ [\{\alpha\}_k] &= [\{\pi_1, \pi_2, \dots, \pi_i, \dots, \pi_s, \tau_1, \tau_2, \dots, \tau_j, \dots, \tau_r\}], \\ [\{\beta\}_k] &= [\{\beta\}_k^h, \{\beta\}_k^o], \\ [\{\gamma\}_k] &= [\{\gamma\}_k^h, \{\gamma\}_k^o], \\ C_k &\leq C([\{\alpha\}_k]), \\ T_k &\leq T([\{\alpha\}_k]), \end{aligned}$$

где $[\{\alpha\}_k]$ – параметры ПКОПД, рассматриваемые на этапе разработки; $[\{\beta\}_k]$, $[\{\gamma\}_k]$ – соответственно, группы характеристик разрабатываемого ПКОПД, зависящие или независящие от условий его применения; π_i , τ_j – соответственно, проектный и тактический параметры разрабатываемого ПКОПД; $[\{\beta\}_k^u, \{\beta\}_k^o]$ и $[\{\gamma\}_k^u, \{\gamma\}_k^o]$ – диапазоны характеристик, рассматриваемых в процессе разработки ПКОПД; C_k , T_k – соответственно, заданные стоимость и сроки разработки ПК. Тактические параметры определяют особенности применения разрабатываемого ПКОПД.

Последовательное применение рассмотренных выше моделей составляет основу комплексной модели разработки ПКОПД, основанной на системном подходе, заключающемся в выделении его структурных компонентов, анализе их взаимодействия, определении прямых и обратных связей между ними, учете влияния других ПС, контактирующих с разрабатываемым ПКОПД, а также особенностей его использования.

Предложенный алгоритм, реализованный с использованием сформулированной комплексной модели, приведен на рисунке 3.

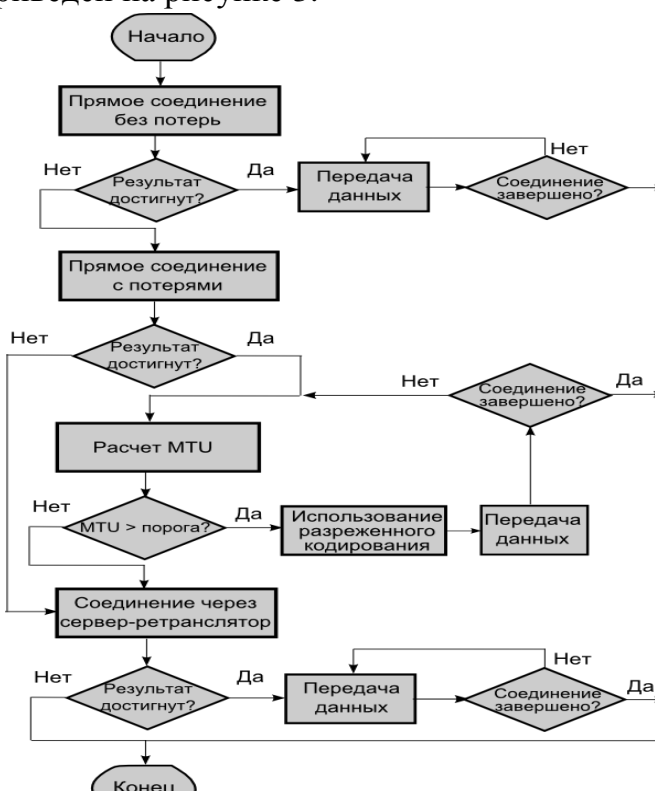


Рисунок 3 - Алгоритм управления качеством процессов обработки и передачи визуальных данных

Применение разработанной комплексной модели обеспечивает построение результативных ПКОПД, функционирующих, в частности, в условиях передачи данных по сетям с негарантированной доставкой.

В третьем разделе «Обеспечение результативности разработки программных комплексов обработки и передачи данных» рассмотрены задачи управления качеством разработки ПКОПД. С этой целью в диссертационном исследовании особое внимание уделено формированию метода обеспечения результативности разработки ПКОПД, основу которого составляет формирование многоуровневой

структуры тестирования разрабатываемых ПК, приведенной на рисунке. 4. Она включает в себя совокупность тестов, обеспечивающих автоматический контроль корректности работы как каждого отдельного модуля, так и взаимодействия нескольких модулей.

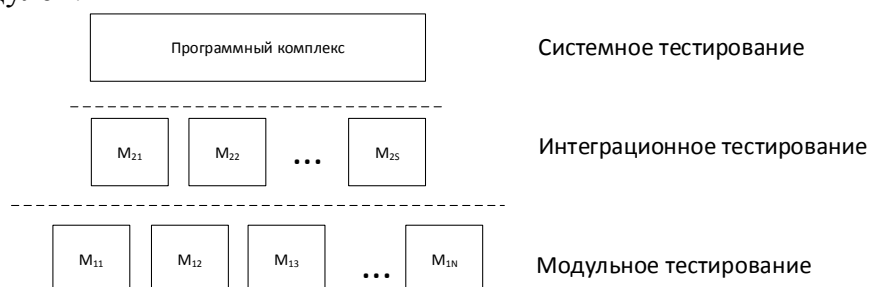


Рисунок 4 - Уровни тестирования ПКОПД

В работе показано, что при проведении тестирования ПКОПД необходимо осуществлять процедуры по менеджменту рисков согласно ГОСТ Р ИСО 31000:2010, а также ГОСТ Р ИСО/МЭК 31010:2011. Предложенный метод обеспечения результативности разработки ПКОПД включает в себя различные варианты контроля корректности его работы на различных уровнях.

Рассмотренные подходы к построению автоматизированных тестов апробированы с использованием различных методик тестирования (таблица 1).

Таблица 1 - Сравнительный анализ методик тестирования

Методика тестирования	Минимальная результативность	Типичная результативность	Максимальная результативность
Модульное тестирование	15 %	30 %	50 %
Интеграционное тестирование	25 %	35 %	40 %
Регрессионное тестирование	15 %	25 %	30 %
Системное тестирование	25 %	40 %	55 %

В данной таблице под результативностью понимается процент обнаруженных дефектов из общего числа дефектов, имеющих в ПКОПД на конкретном этапе его разработки. Анализ полученных результатов показывает, что наибольшую результативность обеспечивает использование системного тестирования. Однако в условиях ограниченных временных ресурсов наиболее целесообразно применение методик модульного и интеграционного тестирования.

Наибольшей результативностью при решении задачи восстановления изображений обладают алгоритмы, основанные на разреженном представлении данных. Принцип их работы заключается в решении следующей оптимизационной задачи:

$$\hat{\mathbf{a}}_{ij} = \arg \min_{\mathbf{a}_{ij}} \|\mathbf{a}_{ij}\|_0 : \|\mathbf{D}\mathbf{a}_{ij} - \mathbf{R}_{ij}\mathbf{y}\|_2^2 \leq \varepsilon,$$

где ε – порог, определяющий точность аппроксимации патчей.

Для восстановления всего изображения \mathbf{y} целиком следует рассматривать следующую оптимизационную задачу:

$$\{\hat{\mathbf{x}}, \hat{\mathbf{a}}\} = \arg \min_{\tilde{\mathbf{x}}, \mathbf{a}} \lambda \|\tilde{\mathbf{x}} - \mathbf{y}\|_2^2 + \sum_{ij} \mu_{ij} \|\mathbf{a}_{ij}\|_0 + \sum_{ij} \|\mathbf{D}\mathbf{a}_{ij} - \mathbf{R}_{ij}\mathbf{y}\|_2^2,$$

где $\hat{\mathbf{a}} \in \mathcal{R}^{k \times N_p}$ - матрица, состоящая из векторов-столбцов \mathbf{a}_{ij} , сформированных для всех N_p патчей, собранных с искаженного изображения \mathbf{y} , которые могут пересекаться.

В работе предложена классификация алгоритмов восстановления визуальных данных, которая позволила выявить наиболее результативные в зависимости от типа обрабатываемого региона. Примеры типов рассматриваемых регионов изображений приведены на рисунке 5.

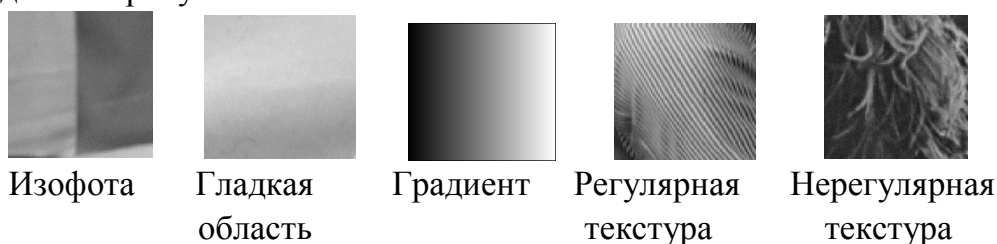


Рисунок 5 - Типы регионов визуальных данных

В работе представлены оценочные характеристики результативности процесса восстановления искаженных регионов различных типов.

В четвертом разделе «Комплексная оценка и обеспечение качества программных комплексов обработки и передачи данных» разработана методика управления качеством объектов визуальных данных с учётом потребностей пользователей ПКОПД, являющаяся составной частью метода, обеспечивающего результативность его разработки, а также предложена формализованная процедура оценки и обеспечения качества процесса разработки ПКОПД.

Основу методики составляет моделирование канала передачи данных с использованием дискретной Марковской модели с двумя состояниями в соответствии с моделью канала Гильберта, представленной на рисунке 6.

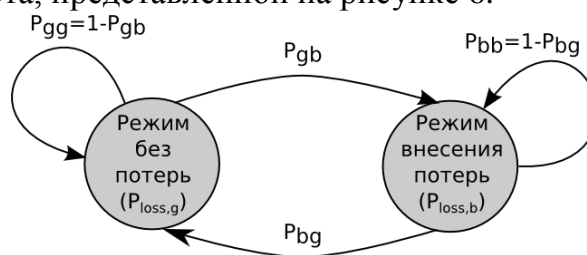


Рисунок 6 - Схема модели канала Гильберта

Исходное изображение вначале разбивается на блоки, которые в дальнейшем с помощью сетевых пакетов передаются по сетям связи. Состояния Марковской модели определяют какие из сетевых пакетов будут подвергнуты влиянию ошибок, которые, в свою очередь, могут привести к возникновению дефектов, снижающих качество функционирования ПКОПД, что не отвечает требованиям к качеству конечных пользователей. Результаты оценки качества восстановления с использованием предложенного метода приведены на рисунке 7.

Оценка производилась для наборов видео, содержащих как медленное, так и с быстрое движение.

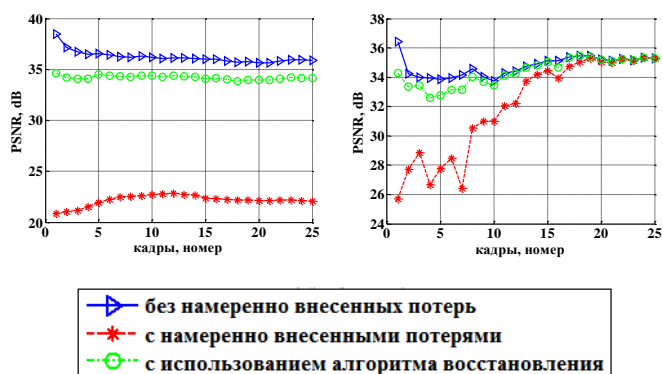


Рисунок 7 – Значения PSNR для видео с медленным и быстрым движением

Результаты экспериментов по оценке влияния параметров разреженного кодирования на качество восстановления визуальных данных приведены в таблице 2. Таблица 2 - Оценка параметров разреженного кодирования на качество восстановления

Искаженное изображение / PSNR, дБ	Показатели сравнения	Восстановленное изображение			Прирост качества восстановления		
		Количество патчей для тренировки, шт.			Количество патчей для тренировки, шт.		
		3000	65000	135000	3000	65000	135000
Barbara / 14.27	PSNR, дБ.	33.45	33.67	33.66	19.19	19.4	19.39
	СКО	0.21	0.18	0.14	0.17	0.20	0.13
Baboon / 15.3	PSNR, дБ.	29.75	29.85	29.85	14.45	14.55	14.54
	СКО	0.16	0.11	0.12	0.17	0.11	0.12
Lena / 14.79	PSNR, дБ.	34.59	34.55	34.50	19.8	19.76	19.71
	СКО	0.27	0.27	0.26	0.24	0.25	0.26
Peppers / 14.54	PSNR, дБ.	34.41	34.24	34.40	19.87	19.70	19.86
	СКО	0.33	0.23	0.21	0.25	0.17	0.12

Представленные в таблице данные свидетельствуют, что наиболее существенный прирост качества восстановления достигается при обработке визуальных данных, содержащих значительное количество текстурных регионов.

В работе показано, что в связи с наличием множества разнообразных показателей, характеризующих работу ПКОПД, оценку его качества необходимо проводить на основе квалиметрических моделей. Задача структурирования функции качества состоит в определении и ранжировании требований потребителя к характеристикам оцениваемых систем $\{D_k\}, k = \overline{1, n}$, где n – общее число оцениваемых потребителем характеристик.

В диссертации разработана формализованная процедура оценки и обеспечения качества процесса разработки ПКОПД, учитывающая согласно ISO/IEC 33020:2015 требуемые атрибуты процесса, которая представлена на рисунке 8.

Основу процедуры составляет цикл DMAIC, известный из методологии «Шесть сигм». Данный цикл может быть использован при разработке различных ПК и направлен на повышение качества ПКОПД, а также ряда других разновидностей ПК.

Цикл включает в себя пять основных этапов. Все эти этапы обязательны и их требуется осуществлять в строго определенном порядке.

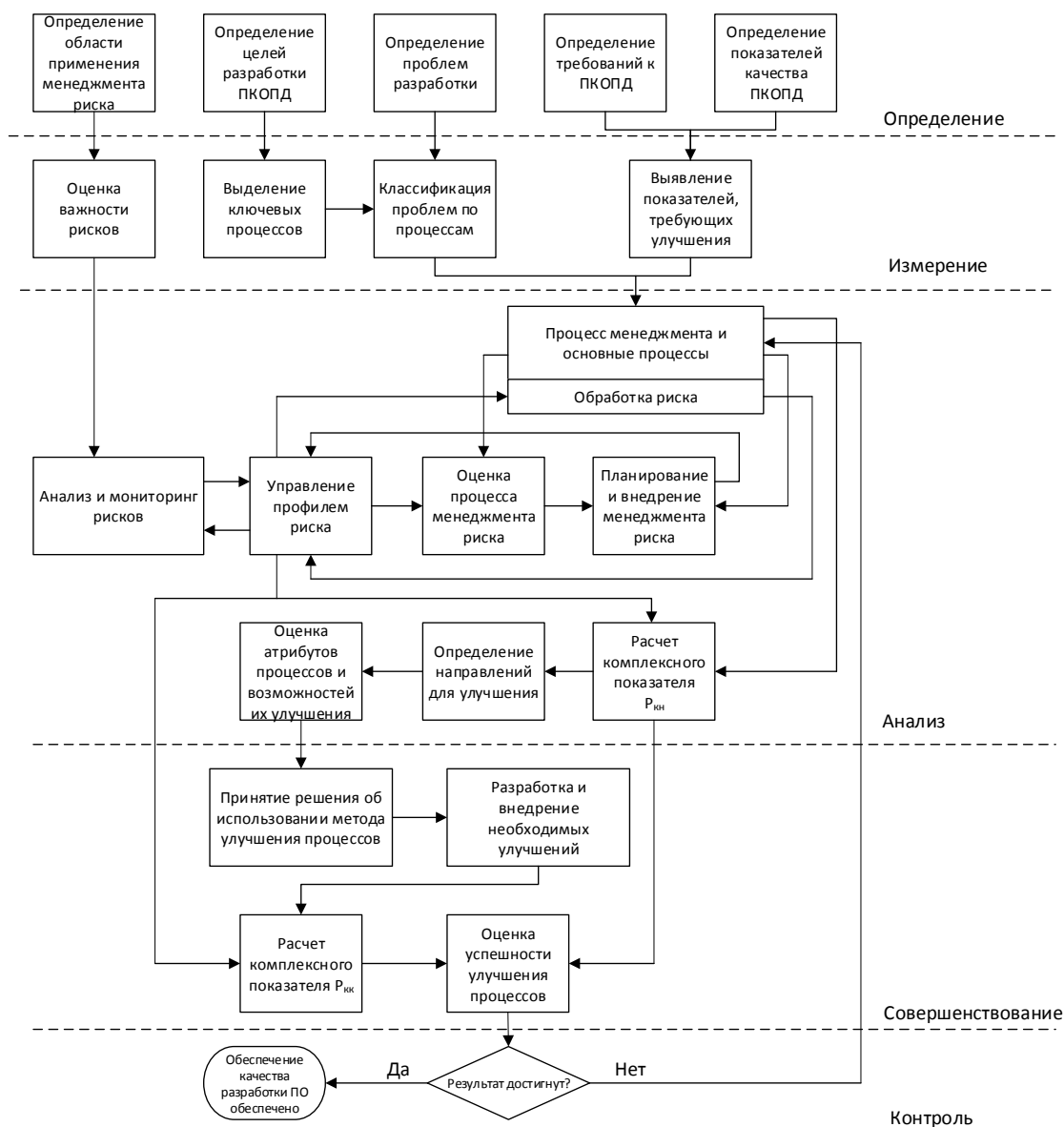


Рисунок 8 – Формализованная процедура оценки и обеспечения качества процесса разработки ПКОПД

Последовательность осуществления процессов, связанных с практическим применением разработанного метода управления качеством процесса разработки ПКОПД, и отражающих общую структуру процессов ЖЦ ПС, установленных ГОСТ Р ИСО/МЭК 12207-2010, приведена на рисунке 9. На данном рисунке пунктиром выделены основные научные результаты диссертационного исследования, обеспечивающие результативность процесса разработки ПКОПД.



Рисунок 9 – Декомпозиция процесса разработки ПКОПД

III. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В диссертационной работе достигнута поставленная цель, имеющая важное значение для развития передовых инфотелекоммуникационных технологий и заключающаяся в обеспечении качества процесса разработки ПКОПД на основе создания научно-методического инструментария повышения их результативности с учетом выдвигаемых требований к качеству обработки и передачи данных со стороны потребителей и других заинтересованных сторон. В работе получены следующие новые научные результаты:

- сформирована комплексная модель разработки ПКОПД, состоящая из модели качества функционирования и модели процесса разработки ПКОПД;
- разработан метод обеспечения результативности разработки ПКОПД;
- разработана методика управления качеством объектов визуальных данных с учетом потребностей пользователей ПКОПД;
- разработана формализованная процедура оценки и обеспечения качества процесса разработки ПКОПД.

Внедрение комплексной модели, метода обеспечения результативности разработки ПКОПД и научно-технических предложений по его практической реализации, включающих методику управления качеством объектов визуальных данных с учетом потребностей пользователей ПКОПД и формализованную процедуру оценки и обеспечения качества процесса разработки ПКОПД, а также применение разработанного типового стандарта организации “Комплексная оценка качества разработки программных комплексов” позволило усовершенствовать ряд процессов разработки ПК в рамках СМК предприятия и добиться сокращения времени тестирования и отладки одной типовой программной компоненты для ПК в

среднем в 1,5-2 раза, а также снижения количества допущенных на этапе разработки ПК ошибок на 10-12% и уменьшения затрат временных ресурсов, связанных с разработкой и вводом в эксплуатацию ПК, в среднем на 15-20%, что подтверждено соответствующими актами о внедрении результатов диссертационной работы.

IV. ОСНОВНЫЕ НАУЧНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО ИССЛЕДОВАНИЯ

Статьи, опубликованные в ведущих рецензируемых научных журналах и изданиях, рекомендованных ВАК России

1. Ястребов, В.А. Базовые методы и принципы построения алгоритмов восстановления регионов изображений / В.А. Ястребов, А.И. Веселов, М.Р. Гильмутдинов // Информационно-управляющие системы. – 2015. – №5. – С. 34-42.

2. Ястребов, В.А. Управление качеством объектов визуальных данных с использованием методов математического моделирования / В.А. Ястребов // Стандарты и качество. – 2017. – №6. – С. 108.

3. Ястребов, В.А. Повышение качества обработки данных в автоматизированных системах / В. А. Ястребов // Стандарты и качество. – 2017. – №7. – С. 102.

4. Ястребов, В.А. Методы обеспечения качества программных средств на стадиях жизненного цикла продукции / В.А. Ястребов, Е.Г. Семенова // Вопросы радиоэлектроники. – 2017. – №10. С. 80-82.

5. Ястребов, В.А. Квалиметрические методы управления качеством процесса разработки программных комплексов / В.А. Ястребов // Качество. Инновации. Образование. – 2017. – №7. С. – 27-30.

6. Ястребов, В.А. Информационное обеспечение стратегических задач повышения качества и конкурентоспособности продукции. / В.А. Ястребов, А.П. Ястребов // Качество. Инновации. Образование. – 2017. – №10. – С. 31-35.

7. Ястребов, В.А. Интегральная оценка и обеспечение качества разработки программных комплексов. / В.А. Ястребов, Е.Г. Семенова // Известия Тульского государственного университета. – 2017. – №7. – С. 255-264.

Свидетельства о государственной регистрации

8. Ястребов, В.А. Программа восстановления фрагментов изображения. / В.А. Ястребов, М.Р. Гильмутдинов, В.П. Реутт // Свидетельство о государственной регистрации № 2013611452 от 18.01.2013.

9. Ястребов, В.А. Утилита для обеспечения качества конфигурирования программных средств. / В.А. Ястребов // Свидетельство о государственной регистрации №2017613198 от 06.06.2017.

10. Yastrebov, V. et al. патент: "LOSSLESS COLOR IMAGE COMPRESSION ADAPTIVELY USING SPATIAL PREDICTION OR INTER-COMPONENT PREDICTION (WO2014140674)" № IPC G06T 9/00 (2006.01) (метод сжатия

изображений без потерь на базе межкомпонентного предсказания) / Yastrebov V., Gilmutdinov M.

Статьи в профессиональных журналах и научных сборниках

11. Ястребов, В.А. Оценка метода маскирования визуальных искажений на стороне декодера для уменьшения влияния потерь при передаче видеоданных по сети. / В.А. Ястребов, А.И. Веселов // СПИСОК-2013 Материалы всероссийской научной конференции по проблемам информатики / – 2013. – С. 287 – 292.

12. Ястребов, В.А. Обзор методов борьбы с визуальными искажениями на стороне декодера для уменьшения влияния потерь при передаче данных по сети. / В.А. Ястребов // Научная сессия ГУАП: сб. докл.: в 3 ч. Ч. I. – 2013. – С. 315 - 320 с.

13. Ястребов, В.А. Сравнительный анализ алгоритмов восстановления, основанных на разреженном представлении данных. / В. А. Ястребов, А. И. Веселов // Научная сессия ГУАП: сб. докл.: в 3 ч. Ч. I. – 2014. – С. 297 - 306.

14. Yastrebov, V. Analysis of exemplar-based inpainting techniques for error concealment. / V. Yastrebov, A. Veselov, B. Filippov // 2014 XIV International Symposium on Problems of Redundancy in Information and Control Systems: Proceedings. – 2014. – P. 103-107.

15. Ястребов, В.А. Анализ применения разреженного кодирования в задаче восстановления регионов изображений. / В. А. Ястребов, А. И. Веселов // СПИСОК-2014 Материалы всероссийской научной конференции по проблемам информатики. – 2014. – С. 196-201.

16. Yastrebov, V. Non-stationary Correlation Noise Modeling for Transform Domain Wyner-Ziv Video Coding. / V. Yastrebov, A. Veselov, B. Filippov, M. Gilmutdinov // Proceedings of the 8th International KES Conference on Intelligent Interactive Multimedia: Systems and Services, KES-IIMSS-15. – 2015. – P. 179-189.

17. Yastrebov, V. The role of Internet-communications in quality control and development of innovation activity of enterprise / V. Yastrebov, A. Yastrebov // Innovative information technologies. – 2014. – P. 541-545.

18. Ястребов, В.А. Статистические методы управления рисками в автоматизированных системах: AZMPT-2017 Материалы международной научно-практической конференции “Актуальные задачи математического моделирования и информационных технологий”. – 2017. – С. 45 – 47.