

**КАРТАМЫШЕВ АЛЕКСАНДР СЕРГЕЕВИЧ**

**ЦИФРОВАЯ ПЛАТФОРМА ДЛЯ  
ОПЕРАТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВОМ  
В РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ**

2.3.3–Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами

**АВТОРЕФЕРАТ**

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Красноярск - 2024

Работа выполнена в ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева», г. Красноярск

**Научный руководитель:** доктор технических наук, профессор  
**Мурыгин Александр Владимирович**

**Официальные оппоненты:** **Кравец Олег Яковлевич,**  
доктор технических наук, профессор, ФГБОУ  
ВО «Воронежский государственный технический  
университет», г. Воронеж, профессор кафедры  
«Автоматизированные и вычислительные  
системы».

**Массель Людмила Васильевна,**  
доктор технических наук, профессор,  
Институт систем энергетики им. Л.А. Мелентьева  
СО РАН,  
Отдел систем искусственного интеллекта в  
энергетике (Иркутск).

**Ведущая организация:** ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный  
университет», г. Красноярск.  
Кафедра систем автоматики,  
автоматизированного управления и  
проектирования.

Защита состоится «04» октября 2024г. в 15.00 часов на заседании диссертационного совета 24.2.403.01, созданного на базе ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева» по адресу: 660037, г. Красноярск, просп. им. газеты «Красноярский рабочий», 31, зал заседаний диссертационного совета, ауд. Л-205

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева» и на сайте <http://www.sibsau.ru>.

Отзывы на автореферат в двух экземплярах, заверенные печатью, просим отправлять по адресу: 660037, Россия, г. Красноярск, просп. им. газеты «Красноярский рабочий», 31, Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева» (СибГУ им. М.Ф. Решетнева), Диссертационный совет E-mail: [dissovet@sibsau.ru](mailto:dissovet@sibsau.ru)

Автореферат разослан « » \_\_\_\_\_ 2024г.

Ученый секретарь  
диссертационного совета

Панфилов Илья  
Александрович

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность.** Управление процессами разработки и создания ракетно-космической техники (РКТ) невозможно без использования единого комплекса управленческих, инженерных и информационных технологий (ИТ). Применение ИТ на промышленных предприятиях для обеспечения процессов проектирования, управления производством, логистики и финансово-экономического сопровождения, является обязательным условием для осуществления хозяйственной деятельности. Цифровизация управления предприятием на базе практико-ориентированных технологий повышает эффективность самого управления, дает рост производительности труда за счет ускорения обмена информацией в процессах согласования различных вопросов, перехода на электронный документооборот, уменьшения влияния человеческого фактора и возможности автоматизированного принятия типовых решений. Информационные системы (ИС) обеспечивают выполнение поставленной цели с соблюдением многочисленных требований к процессу производства и учету затрат, а не только фиксируют результаты. Важнейшим аспектом в производстве РКТ является стоимость продукции, контролируемая государственными органами в разрезе этапов заключенных контрактов соответствующих стадиям жизненного цикла. Цифровая платформа должна в реальном времени обеспечивать интероперабельность и взаимосвязь данных в производственных процессах с процессами управления себестоимостью продукции для организации автоматизированного управления ресурсами, формирования данных управленческого учета и оперативного предоставления информации на всех уровнях принятия решений.

### **Степень разработанности темы**

Проблемы построения эффективных информационных систем управления предприятиями рассматривались в работах Богатырева В.Д., Иноземцева В.В. (ТГУ, г. Самара), Добровольского А., Вахмянина И.С. (Открытые системы), Ладыженского Г., Вычугжанина Т.В., Долгова И.А. (Информационные технологии в моделировании и управлении: подходы, методы, решения), Аврунев О.Е., Стасышин В.М. (НГТУ), Кузина Е.И., Кузина В.И. (Инженерный журнал: наука и инновации), Luis M. Camarinha-Matos, Hamideh Afsarmanesh, Лютова А.Г., Чугуновой О.И. (Вестник УГАТУ), Березовская Е.А., Крюков С. В. (ЮФУ), Богатого Д.В. (РГЭУ), Куджевой А.А., Костюковой Е.И. (Новая наука: теоретический и практический взгляд), на ежегодных форумах «ИТ в оборонно-промышленном комплексе», «Экономика в ОПК», «ИТ в РКО» на научно-технических конференциях «Актуальные проблемы ракетно-космической техники», «Решетневские чтения» и другие. В рассматриваемой теме, основными разрабатываемыми направлениями современных авторов являются: вопросы технической интеграции информационных объектов, выбор и обоснование различного программного обеспечения, и подходы к построению управленческого учета, а также сопутствующие процессы, обеспечивающие эффективность информационных систем. Однако в работах не раскрываются логические, структурные решения и эффективные подходы в организации и хранении данных, обеспечивающих требуемый управленческий учет и связанность с производственными процессами.

Для крупных предприятий ракетно-космической отрасли (РКО) проблемной особенностью является сложность одновременного управления проектами в двух плоскостях: с одной стороны это технические стадии жизненного цикла разработки изделий, и с другой стороны – управление ресурсами для выполнения проекта, организация управленческого учета и оперативного контроллинга. Помимо технической приемки продукции, заказчик контролирует затраты на ее производство, которые должны соответствовать расчетно-калькуляционным материалам, лежащим в основе контракта. Необоснованное и несогласованное превышение плановых показателей становится убытком для предприятий. Анализ и реакция на отклонения запланированных параметров должны проводиться в режиме реального времени и на основании актуальных и непротиворечивых данных. Заказчик, в лице государственных органов управления, через федеральные законы и нормативные акты требует на регулярной основе предоставлять отчетность о затраченных ресурсах в разрезе этапов производства продукции и её жизненного цикла.

**Целью диссертационных исследований** является повышение эффективности управления предприятием РКО за счет разработки и внедрения цифровой платформы для управления производством и себестоимостью продукции.

В соответствии с поставленной целью определены **задачи диссертационного исследования:**

- 1 Исследовать роль информационных систем в функционировании предприятий, провести анализ требований к информационной поддержке управления, существующих решений ее построения и факторов, определяющих специфику организации процессов управления разработкой и производством космической техники.
- 2 Проанализировать и определить технологию цифровизации процессов управления на основе стандартов и методов разработки информационных систем и их интеграции.
- 3 Разработать методику формирования единого информационного пространства, обеспечивающую:
  - сводимость данных в системах планирования разработки и производства продукции с фактическими данными производственно-хозяйственной деятельности с детализацией по стадиям жизненного цикла продукции;
  - формализацию данных для реализации оперативного управления производством с возможностью раздельного учета затрат по проектам в реальном времени.
- 4 Разработать способ организации данных первичных внешних документов, обеспечивающий раздельный учет затрат и оперативный анализ взаимоотношений с контрагентами в автоматизированной системе управления предприятием (АСУП).
- 5 Разработать модель цифровой платформы, удовлетворяющую современным требованиям организации производства продукции и управленческого учета для предприятий РКО, содержащую взаимосвязанные информационные потоки, обеспечивающую оперативный контроллинг, и генерацию отчетности.
- 6 Внедрить разработанную на основе вышеперечисленных подходов систему управления, реализованную в виде программного обеспечения, в управление производством на предприятии РКО.

**Методология и методы исследования.** Исследования проводились с использованием теории системного анализа, методов абстрагирования и конкретизации, методов синтеза специального программного обеспечения, объектно-ориентированного проектирования и программирования, с учетом анализа достигнутых результатов авторов схожей тематики.

**Научная новизна работы:**

1. Разработана модель цифровой платформы, поддерживающая использование цифровых процессов, ресурсов и сервисов значительным количеством субъектов цифровой экосистемы, позволяющая ведение специализированного информационного и программного обеспечения АСУП на предприятиях ракетно-космической отрасли, обеспечивающая увязку в едином информационном пространстве данных об изделиях, данных экономического и оперативного планирования, требуемых для учета и аналитики, отличающаяся от известных тем, что позволяет автоматизировать оперативный контроль в реальном времени и генерацию отчетности, без организации отдельных подготавливаемых для управленческих решений витрин данных.
2. Предложена методика организации информационного потока в системе управления проектами в обеспечивающей подсистеме АСУП, состоящая из правил структурирования и связи данных с объектами учета, позволяющая формализовать и систематизировать данные о выполняемых работах, интегрировать рабочий план с функциональными системами, управлять трудоемкостью проектных и конструкторских работ в реальном времени, отличающаяся от известных возможностью обеспечивать требуемый для предприятий ракетно-космической

отрасли отдельный учет затрат и формирования аналитических данных в заданной структуре запросов.

3. Предложен способ организации данных внешних первичных документов, состоящий из функциональных алгоритмов и логических решений, позволяющий формировать в обеспечивающей подсистеме АСУП единый источник данных о взаимоотношениях с контрагентами, автоматизировать финансовый контроль и формирование книг покупок и продаж, обеспечивающий отдельный учет затрат, отличающийся от известных возможностью последовательной увязки систем сбора и обобщения информации с одним источником подготовленных актуальных данных.

**Область исследований** соответствует п. 13, 17 паспорта научной специальности 2.3.3 – Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами.

**Теоретическая значимость результатов** диссертационного исследования состоит в разработке архитектуры системы специализированной информационной поддержки процессов управления предприятием, интегрируемой в АСУП, способствующей эффективной организации подсистемы управления проектами, управления себестоимостью и организации отдельного учета затрат, а также принятию актуальных управленческих решений с возможностью организации автоматизированного упреждающего контроля. Результаты, полученные при выполнении диссертационной работы, создают теоретическую основу для разработки методологии построения цифровых информационно-управляющих систем производства, а также алгоритмов организации и ведения специализированного программного обеспечения АСУП, его обеспечивающих подсистем, включая задачи планирования, контроллинга, управления финансами и персоналом.

**Практическая значимость** работы заключается в разработке логики и комплекса программного обеспечения, позволяющего создать единое информационное пространство со связанными данными из системы планирования и фактическими данными управленческого учета, организации на этой базе оперативного контроллинга и интеграции его в АСУП. Эксплуатация комплекса показала, что разработанная логика позволяет вести на предприятиях РКО отдельный учет затрат по этапам ведомости исполнения и в разрезе стадий жизненного цикла продукции. Разработанная система цифровой поддержки процессов управления успешно используется в АО «Информационные спутниковые системы имени академика М.Ф. Решетнева» и является основой АСУП предприятия, что подтверждено актами внедрения. Предлагаемое решение может быть распространено на всю корпорацию «Роскосмос» для накопления и анализа информации в единой отраслевой системе сбора и обработки данных.

**Апробация результатов исследования.** Результаты диссертационной работы и её отдельные разделы докладывались и обсуждались на III, IV научно-технической конференций молодых специалистов АО «ИСС», г. Железногорск, 2014, 2017г.; на ежегодных форумах «Информационные технологии на службе оборонно-промышленного комплекса России», (2015г - г. Казань, 2016г - г. Челябинск, 2018г - г. Ялта); XIX и XX международной научной конференции «Решетневские чтения», г. Красноярск, 2015г, 2016г; отраслевой конференции «Информационные технологии в ракетно-космической промышленности», г. Москва, 2016г, 2017г; II международной научно-практической конференции «Повышение производительности труда в оборонно-промышленном комплексе за счет современных методов управления производством», г. Ижевск, 2016г.; II научно-технической конференции «Актуальные вопросы проектирования автоматических космических аппаратов для фундаментальных и прикладных научных исследований», г. Анапа, 2017г.; V всероссийской научно-технической конференции с международным участием «Актуальные проблемы ракетно-космической техники» «V Козловские чтения», г. Самара, 2017г., международной научно-практической конференции «Современные проблемы и перспективные направления инновационного развития науки», г. Стерлитамак, 2019г, XI научно-практической конференции «Инновационные технологии и технические средства специального назначения», ВОЕНМЕХ, г. Санкт-Петербург, 2019г., международная мультидисциплинарная конференция по промышленному инжинирингу и современным технологиям «FarEastCon-2020», г. Владивосток.

### **Основные защищаемые положения:**

1. Модель цифровой платформы обеспечивает сводимость плановых и фактических данных в едином информационном пространстве, позволяет организовать автоматизированный контроллинг процесса управления разработкой и производством космической техники в реальном времени, вести отдельный учет в разрезе контрактных этапов и стадий жизненного цикла производимой продукции.
2. Методика организации данных и формирования информационных потоков в системе управления проектами позволяет формализовать и структурировать данные о планируемых работах, увязывать их с объектами продаж, управлять ресурсами, проводить детализированный управленческий анализ, повышает эффективность решения задач управления разработкой и производством ракетно-космической техники.
3. Способ хранения, связывания и обработки данных первичных финансовых документов в управленческом учете, обеспечивает формирование первоисточника актуальных структурированных данных в цифровой системе управления, позволяет автоматизировать финансовый контроллинг, уменьшить количество вычислений при анализе данных, повысить качество аналитической информации и оперативность принятия решений.
4. Комплекс программного обеспечения, построенный на предлагаемых практико-ориентированных подходах к формализации и структурированию данных, обеспечивает техническую реализацию разработанной логики управленческого учета, каскадирование и связанность процессов от планирования до реализации продукции.

**Публикации.** По теме диссертационной работы опубликовано 24 печатные работы, (6 – без соавторов), в том числе 11 – в изданиях, рекомендованных ВАК РФ (из них 2 – в издании Scopus). В работах, опубликованных в соавторстве и приведенных в конце автореферата, лично автором получены следующие результаты: [1,7,12,14,21,23,24] – разработка модели цифровой платформы; [4,8,9,13] – описание и обоснование способа организации первоисточника данных внешних первичных документов с контрагентами; [2,3,5,15-20] – разработка методики организации информационного потока и интегрированной системы управления проектами; [5,6,10,11,22] – формализация объектов учета в жизненном цикле производимой продукции, их интеграция в цифровую платформу.

**Объем и структура работы.** Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованных источников, приложения и содержит 1801 страницу машинописного текста, 70 рисунков, 10 таблиц. В списке использованных источников 119 наименований.

## **ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

Во **введении** обоснована актуальность работы, сформулирована цель и поставлены задачи исследования, рассмотрены вопросы научной новизны и практической значимости проведенных исследований, изложены основные положения, которые выносятся на защиту.

В **первой главе** исследуется роль ИС управления в функционировании предприятия, делается обзор внешних и внутренних требований предъявляемых предприятиям РКО к ведению хозяйственного учета, влияющих на функционал ИС управления. Рассматриваются особенности предприятий РКО определяющие наиболее важные факторы для организации системы информационной поддержки процессов управления. Анализируются основные системообразующие документы, регламентирующие правила работы предприятий РКО и требования к организации производственного процесса. Выделяются ключевые аспекты принятия решений с целью разработки методологии организации цифровой информационно-управляющей системы и функционального моделирования объектов автоматизации.

Основные системы автоматизации процессов, обеспечивающих производство продукции, представлены на рисунке 1. В информационное обеспечение входят системы

планирования, проектирования, конструкторской разработки, организации и обеспечения производства, хозяйственного учета затрат, контроля и другие. Цифровая платформа должна обеспечивать интеграцию задействованных функциональных OLTP (OnLine Transaction Processing) систем.

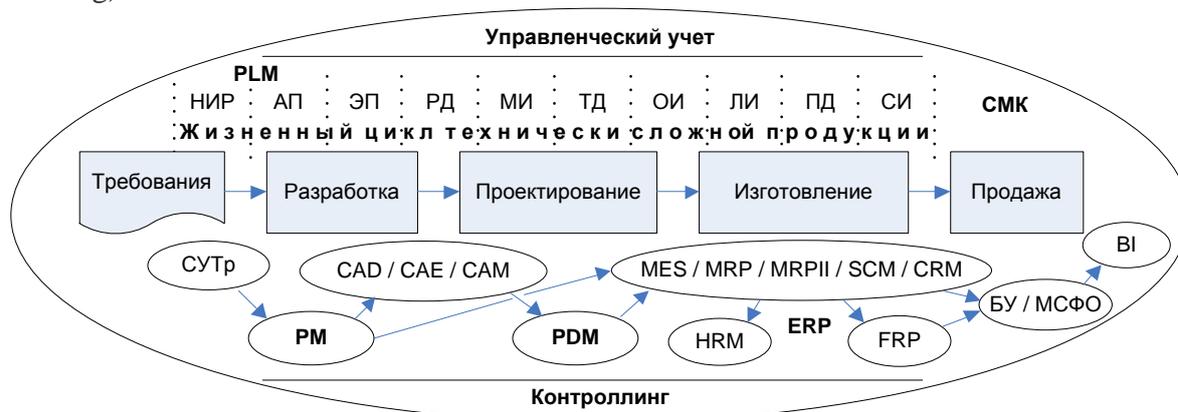


Рисунок 1 – Основные OLTP-системы обеспечивающие производство продукции где, стадии жизненного цикла: НИР – научно-исследовательские работы, АП – аванпроект, ЭП – эскизный проект, РД – рабочая документация, МИ – макетирование изделий, ТД – технологическая документация, ОИ – опытные изделия, ЛИ – летные испытания, ПД – подготовка документации на серию, СИ – подготовка серийного производства.

Предлагаемые готовые системы автоматизации, как правило, нацелены на конкретную предметную область: управление проектами, планирование производства, расчет ресурсов, учетная система и т.д., в которых генерируются и подготавливаются данные, а при их интеграции, мигрируют из одной системы в другую. При таком походе, источник данных для управленческого анализа организуется в виде подготавливаемых «витрин данных», которые наполняются при регламентированной миграции данных из «родительских» OLTP-систем.

Экспертный анализ подобных решений показал, что вариант построения информационной аналитической базы данных уже прошедших процессов недостаточно эффективен из-за потенциальных расхождений в данных, запаздывания информации в виду наличия регламентов обработки первичных документов и увеличения ресурсов на анализ накапливаемых данных для управления себестоимостью производимой продукции. На рассматриваемых предприятиях, как правило, это приводит к содержанию отдела высококвалифицированных сотрудников, дублирующего функции обеспечивающих подразделений.

На сегодняшний день в стране актуальным является ИТ-тренд – переход на платформенное ИТ-решение. Цифровизация производства рассматривается как более глубокий процесс, для этого вводятся электронные инструменты контроля, что снижает человеческий фактор. Актуальная информация должна быть доступна из разных точек и систем, и с любой стороны данные должны быть извлекаемыми из одного первоисточника, для чего необходимо строить единое информационное пространство (ЕИП).

Количество деталей и сборочных единиц (ДСЕ) для 1 космического аппарата (КА) достигает 200000, количество разновидностей материалов и покупных изделий в КА более 5000. Одновременно в разработке и производстве находятся до 100 проектов по основной тематике и около 1000 проектов вспомогательного производства. Идет непрерывный процесс закупочной деятельности, оприходования и списания товарно-материальных ценностей (ТМЦ), комплектации изделий. Процесс обеспечения разделен между различными специалистами, с различными компетенциями. Ежемесячно перемещение и списание ТМЦ в производство достигает 15000 событий, у каждого из них есть своя логика прихода, расхода, оплаты, сопровождения в учете. Практика показала, что стандартным составом корректно обрабатывать все движение в системе 1С, с соблюдением регламента практически невозможно. Поэтому

требуется разработать информационную модель системы управления с учетом особенностей рассматриваемых предприятий, где будет формироваться требуемый результат, а работа в системе не будет увеличивать трудоемкость обеспечивающих процессов.

Для целей план-факт анализа, цифровая среда для управления разработкой и производством должна состоять из блока программного обеспечения (ПО) для планирования изготовления продукции, где формируются плановые данные, обогащенные контролируемыми маркерами, как техническими, так и ресурсными, а также блока ПО финансово-экономического сопровождения, где регистрируется весь факт хозяйственной деятельности, детализированный до состояния, исключающего неопределенность. Оба направления цифровизации управления можно развивать параллельно, но данные должны быть сводимыми к одним и тем же контролируемым сущностям и с использованием одной нормативно-справочной информации (НСИ) для их увязки и анализа на уровне базы данных. Разрабатываемый подход к формированию данных для системы контроллинга и организации цифровых процессов управления представлены на рисунке 2.

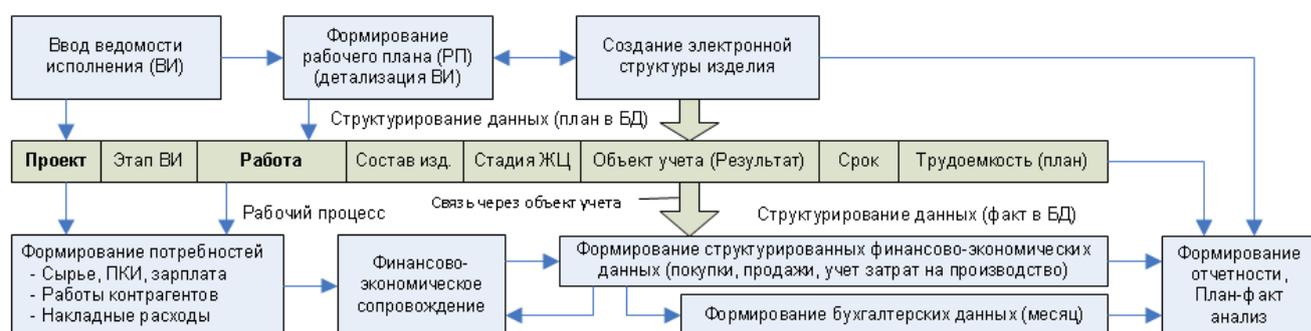


Рисунок 2 – Подход к организации цифровых процессов управления предприятием РКО

Во **второй главе** определяется необходимая структура цифровой системы управления. Исследуются стандарты и методы разработки средств цифровизации управления жизненным циклом выпускаемой продукции, методы интеграции информационных систем и технология измерения параметров процесса управления. На основании анализа исследований решается задача построения функциональной модели цифровой платформы для управления процессами разработки и производства готовой продукции, обеспечивающая согласованные информационные потоки, для исключения организационных и информационных разрывов. Разрабатываемая платформа нацелена на управление проектами согласно правилам ведения хозяйственной деятельности, учета и требований к данным для генерации отчетности, представляется в виде набора приложений, создаваемых для наглядного представления информации потребителям (визуализации) и контроля конкретных процессов.

Хранение данных производственно-хозяйственной деятельности, в отличие от «коммерческого» подхода, целесообразно организовать сразу в единой базе данных, с применением OLAP-технологий (online analytical processing–онлайн аналитическая обработка), формируя структурированный источник данных, позволяющий проводить оперативный анализ информации до фиксации данных в бухгалтерском учете. Подготовленные в логике происходящих процессов данные в свою очередь будут являться первоисточником для учетных и аналитических систем. Организация информационных потоков в разрабатываемой цифровой платформе представлена на рисунке 3, где: штрихпунктиром обозначена область данных, разрабатываемая в диссертации, пунктиром – модифицируемые системы для создания единого информационного пространства и цифрового управления.

Наиболее эффективным способом реализации этого подхода является разработка ROLAP (OLAP на реляционной базе данных) системы с хранением актуальных данных в таблицах БД. Через эти же таблицы осуществляется интеграция с OLTP-системами собственной разработки.

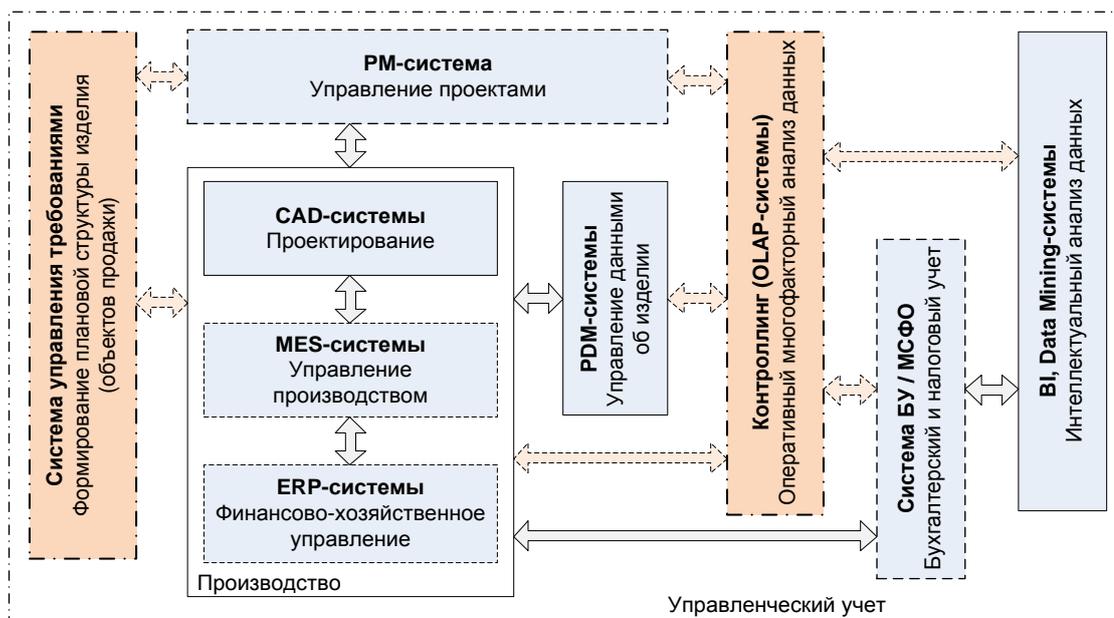


Рисунок 3 – Организация информационных потоков в цифровой платформе

Для формирования актуального набора данных, доступного в любой момент времени, целесообразней использовать инкрементальное обновление данных, изменяемых в OLTP-системе, с расчетом и фиксацией итоговых, для связанных сущностей значений. Такой подход способствует созданию структурированного хранилища подготовленных к управленческому анализу фактических данных из первичных документов до их попадания в систему бухгалтерского учета, работающую по своим правилам и регламентам. Формируемые посредством такого решения массивы данных, пригодные для всестороннего оперативного анализа средствами SQL, легко интегрируются с необходимыми функциональными ИС на уровне БД, вследствие чего организуется увязка OLTP-систем с подсистемами управления проектами и экономической системой, на базе которых принимается большинство управленческих решений.

В рамках диссертационных исследований проводится оценка эффективности разработанного подхода к структурированию данных в сравнении с неподготовленными данными аналогичных, решаемых в оперативном управлении задач в распространенных системах учета (пример структуры данных в 1С). Среднее время выполнения запросов представлены на рисунке 4.

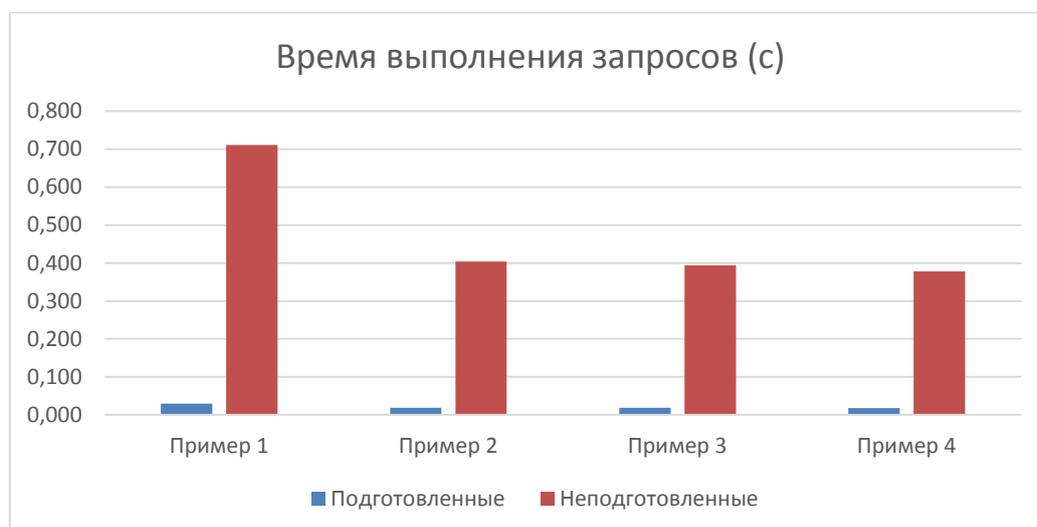


Рисунок 4 – Среднее время выполнения запросов

Эксперимент показал превосходство предлагаемой логики в скорости извлечения данных более чем на порядок. В крайних точках разница достигает 50-кратного размера. Помимо этого на неподготовленных данных по многим вопросам невозможно получить ответ в виде результата SQL-запроса, например: частичная связь первичных документов, различия аналитики в документе с логикой проведения его в учете, недостаточность (ограниченность) аналитики, отсутствие общесистемных правил увязки всех первичных документов в учете, гарантирующих целостность данных и другое.

**В третьей главе** предлагается модель цифровой платформы, основные автоматизируемые процессы которой схематично представлены на рисунке 5, обеспечивающая сводимость плановых и фактических данных в едином информационном пространстве.

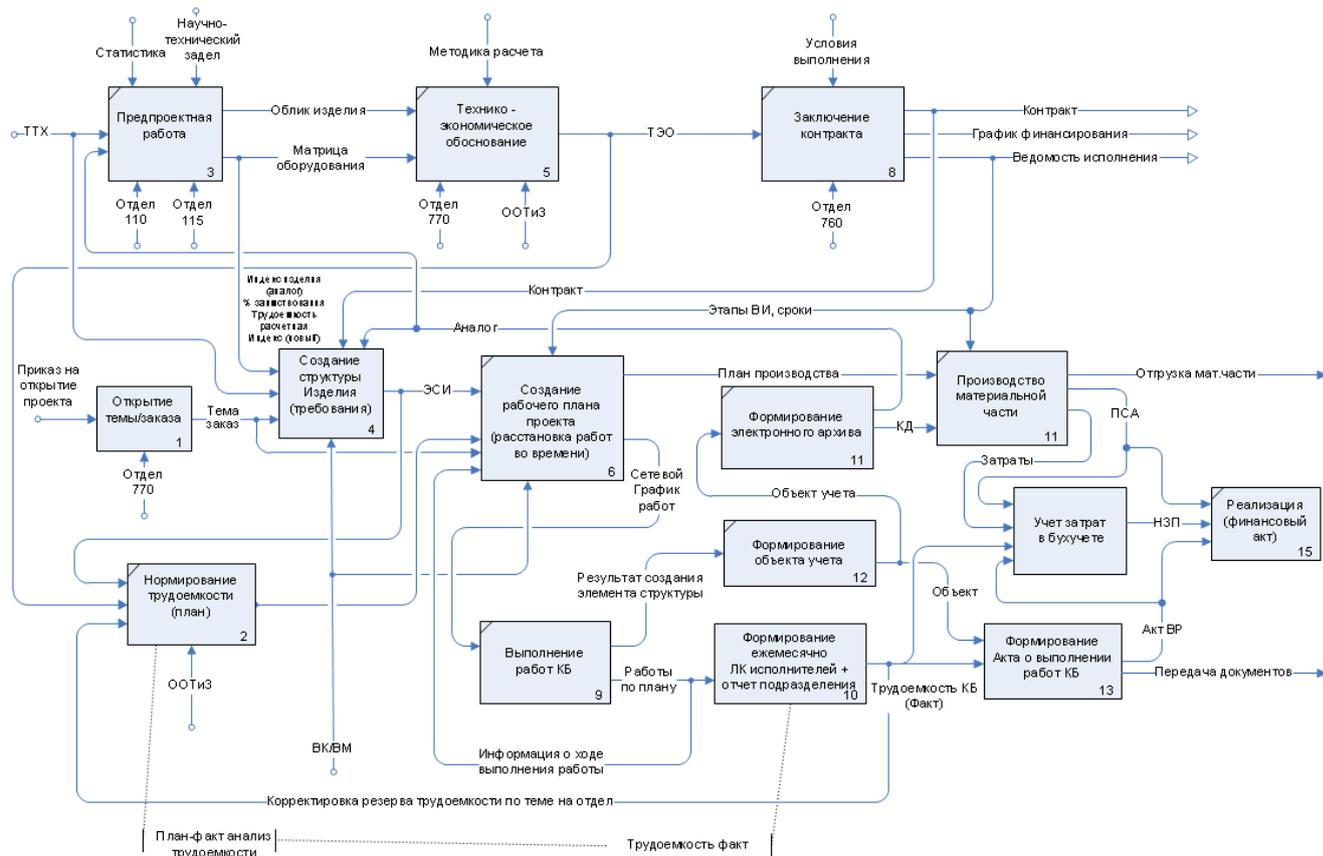


Рисунок 5– Схема автоматизированных процессов производства продукции – основа модели цифровой платформы

Модель создания продукции включает в себя множество различных процессов от предконтрактной работы до определения себестоимости продукции и формирования первичных документов на реализацию. В процессе задействованы множество структурных подразделений, которые в свою очередь делятся на основные – подразделения КБ, производственные цехи, вспомогательные подразделения, и отделы, относящиеся к административно-управленческому персоналу (АУП). Практический опыт реализации предлагаемых решений, при проектировании которых делался упор на интеграцию задач управления технического и экономического характера описан на примере предприятия производящего космическую технику, где и проходит поэтапное внедрение элементов цифровизации управления.

Разрабатываемая система цифрового контроллинга и управленческого учета в целом, охватывает практически весь набор OLTP-систем, где данные маркируются ключевыми атрибутами интегрируемых сущностей для создания единого информационного пространства и их последующего анализа, как части управленческого процесса. В качестве центрального узла

для интеграции OLTP-систем и организации оперативного контроллинга модифицирована система управления проектами (на предприятии - система сквозного планирования работ (ССП)). В системе планирования, согласно предлагаемой методике структурирования данных (рисунок 6), генерируются маркированные информационные потоки работ, входящие в процесс производства, где формируются объекты продаж и связанные с ними первичные учетные документы с обогащенной аналитикой. В учетных системах с заданной периодичностью формируются фактические данные о затраченных на эти работы ресурсах, с привязкой к объектам продаж в БД.

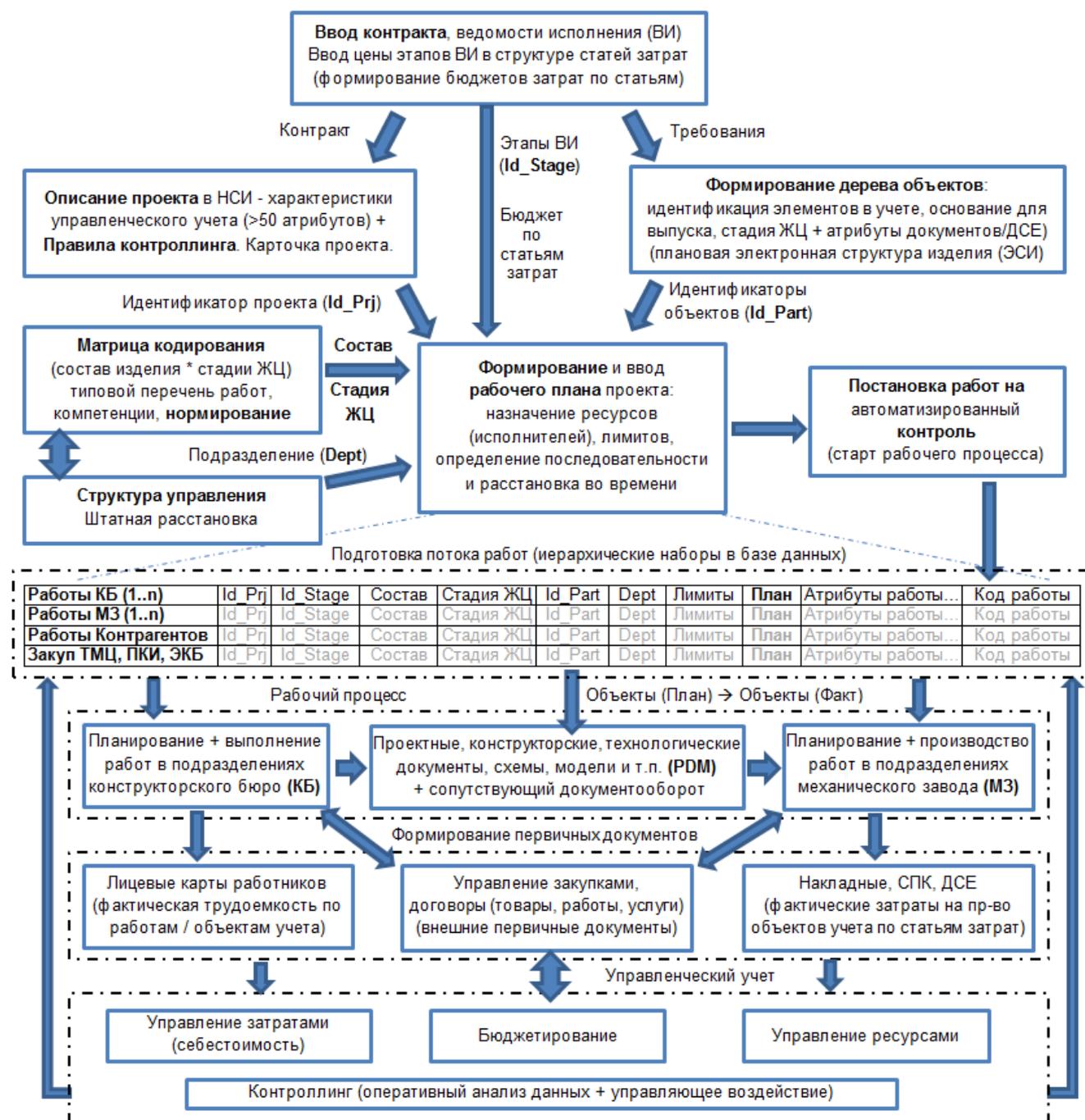


Рисунок 6 – Методика структурирования данных в системе управления проектами

где: Id\_Stage – идентификатор этапа ведомости исполнения;  
 Id\_Prj – идентификатор проекта;  
 Id\_Part – идентификатор объекта учета (документ, ДСЕ и т.п.)  
 Dept – ресурс (ответственное подразделение).

Технически, все работы связанные с НИОКР, производством, испытаниями, выполняются в специализированных OLTP-системах. Связь проектного управления с ресурсным происходит в БД управленческого учета, где согласно правилам, заложенным в системе контроллинга, выявляются события, требующие управленческих решений, либо происходит автоматизированный запрет на дальнейшие действия. Для формализации данных управленческого учета и сопоставимости с объектами учета и продаж разработана подсистема управления документами (СУД), где создается дерево контролируемых объектов проекта – это проектная, конструкторская, технологическая документация, изделия в производстве и технические документы, генерируемые на всех стадиях жизненного цикла (ЖЦ) продукции. Идентификаторы объектов учета (Id\_Part) входят в планируемые работы (информационные потоки работ), и при формировании (генерации) данных в управленческом учете в виде первичных затратных документов на выполнение этих работ образуются в учете структурированные затраты по объектам. Взаимосвязи OLTP-систем и разработанной логики цифровой системы управления производством продукции представлены на рисунке 7.

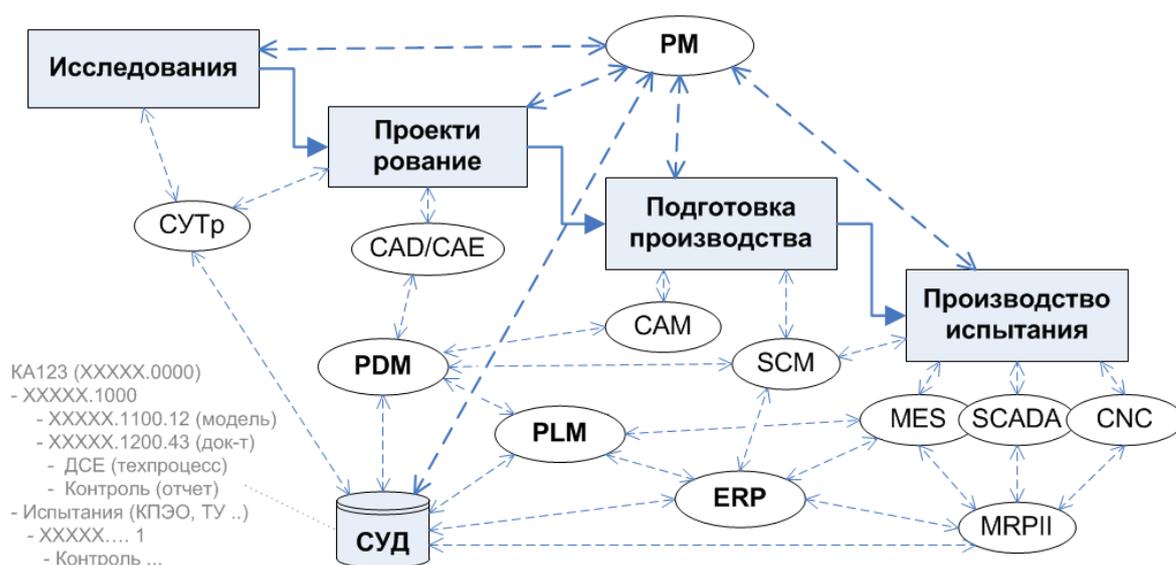
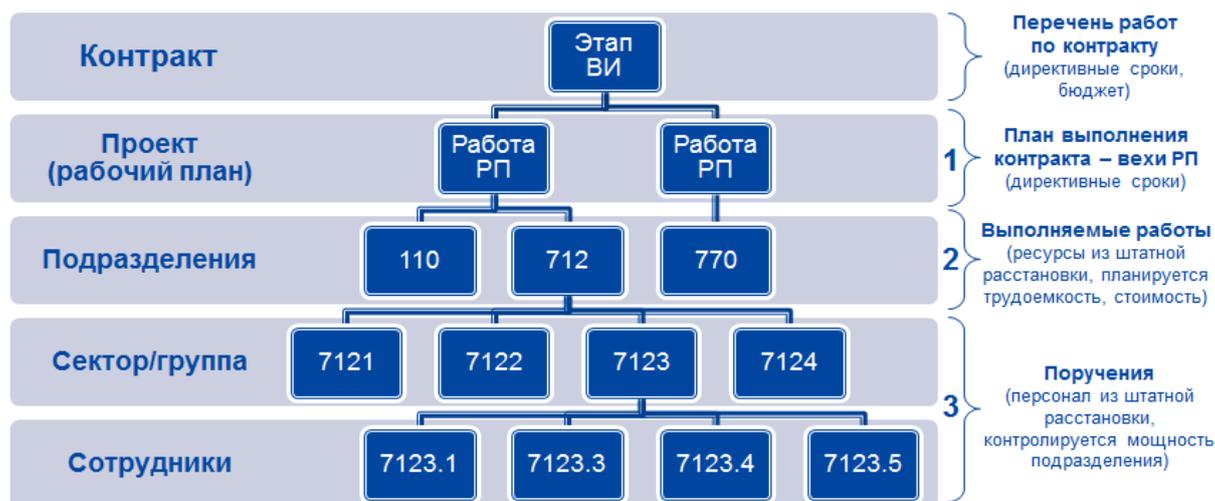


Рисунок 7 – Связь системы управления документами с производством продукции

На основании плановой структуры изделия формируется рабочий план (РП) со списком работ, упорядоченных во времени, для разработки и создания этих документов. Работы в РП маркируются контролируемыми признаками и запускаются на выполнение. Конструкторское бюро (КБ) на предприятии РКО рассматривается как производство интеллектуальных объектов учета, с генерацией первичных документов о фактической деятельности и формированием отдельного учета затрат. В течение каждого месяца все работники конструкторского бюро отчитываются о проделанных в текущий период работах, выбирая их из заранее подготовленного структурированного списка, созданного в системе управления проектами в виде РП и декомпозирующих его сущностей. При производстве материальной части факт собирается по производственным первичным документам на изготавливаемые изделия, привязанные в MES-системе к работам РП, откуда доступна вся закладываемая аналитика. Реализовав таким образом автоматизацию процессов планирования и сбора факта выполнения работ, легко получить детализированный массив затрат, сформированный по требуемым правилам. Помимо отдельного учета затрат по проектам, такой алгоритм позволяет собрать фактические затраты по объектам учета, привязанным к работам, и тем самым детализировать данные незавершенного производства (НЗП).

Детализация целей проекта до работ конкретных исполнителей (рисунок 8) в системе сквозного планирования позволяет организовать управление трудоемкостью специалистов конструкторского бюро, как часть системы управления проектами.



Типы работ в ПО:

- 1 – обобщающая работа (веха РП) – сумма работ исполнителей;
- 2 – работы исполнителей (структурное подразделение);
- 3 – поручения конкретным исполнителям (группа/сотрудник).

Рисунок 8 – Детализация работ в системе управления проектами

Разработанная методика организации данных в системе управления проектами и инструменты планирования, позволяют автоматизировать контроллинг по требуемым аспектам, проводить разнообразный ресурсный анализ с различных точек зрения и управлять процессом производства в категориях ЖЦ продукции в реальном времени, как по конкретным проектам, так и в масштабе всего предприятия, с учетом ограниченности в ресурсах. Разработанные функциональная модель цифровой платформы и программное обеспечение позволяют вести управленческий учет в АСУП, не выделяя его в отдельное направление, а также базировать бухгалтерский и налоговый учеты на структурированном первоисточнике данных, обеспечивая этим их связанность и непротиворечивость. Это позволяет получать любые ответы о хозяйственной деятельности предприятия и формировать отчетность в различных аналитических разрезах. Решение позволяет организовать обмен структурированными данными о проекте с управляющей организацией и предприятиями - соисполнителями. Развитие этой модели данных позволяет организовать последовательную увязку процессов по иерархическим уровням с возможностью накапливать и анализировать информацию в единой отраслевой системе сбора и обработки данных.

**В четвертой главе** предлагается подход к формированию базы данных внешних первичных документов для учета факта хозяйственной деятельности с контрагентами и построения на этих данных управленческого и бухгалтерского учетов. Предлагается и описывается способ организации, хранения и увязки данных, отражающих факт совершения различных финансово-хозяйственных операций в виде многомерного массива актуальной аналитической информации, который лег в основу программного обеспечения обработки первичных документов. Описывается подход к организации данных налогового учета, основанный на формируемом источнике данных, связанных логикой первичных документов.

Первоисточник, связанных логикой процесса, первичных документов формируется по технологии OLAP. Для структурирования данных определены условные сущности – наборы однотипных документов охватывающих процессы расхода и дохода денежных средств. Хозяйственные операции и набор первичных документов, сопровождающих сущности «Покупка» и «Продажа» стабильны, и состоит из основных четырех типов. Логическая схема организации хранилища связанных данных представлена на рисунке 9.

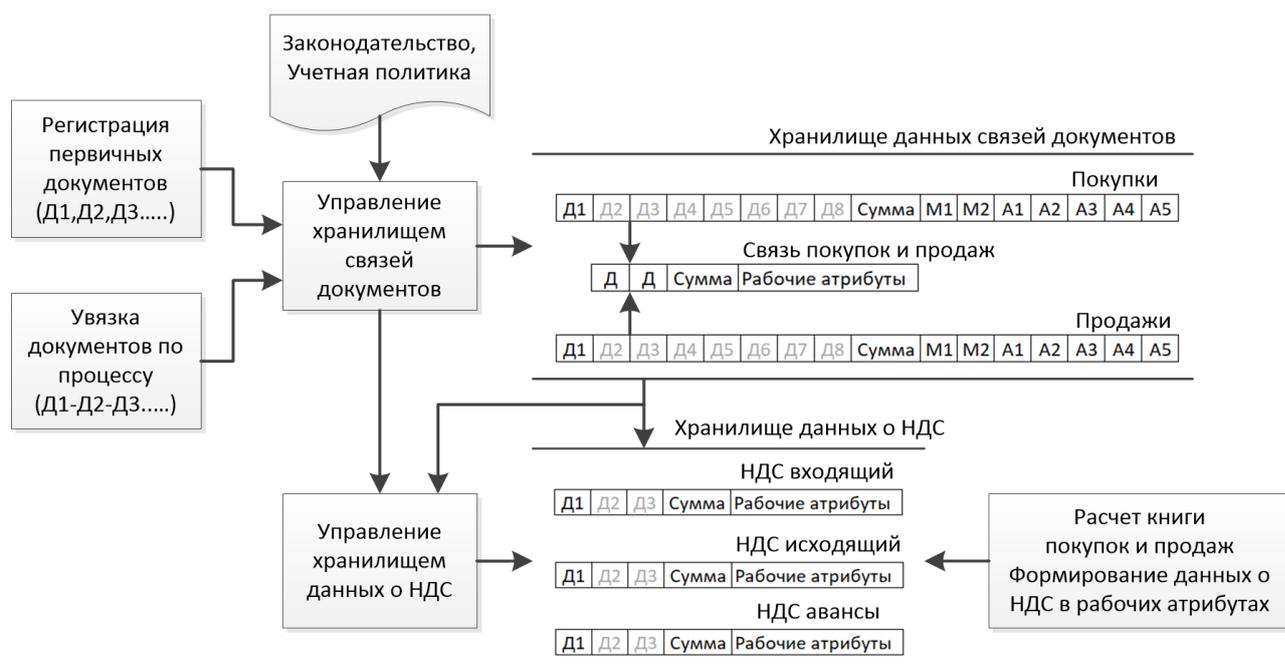


Рисунок 9 – Логическая схема организации хранилища данных связей внешних первичных документов

Через разработанный программный интерфейс первичные документы регистрируются и связываются в таблицах базы данных по определенным правилам, соответствующих логике процессов и правилам учетной политики. Основной целью программных модулей является создание и поддержание ЕИП посредством связи отражений первичных документов между собой в таблицах базы данных и маркирование полученных строк аналитическими признаками. Документы связываются по принципу принадлежности друг другу, где один документ является основанием для порождения другого, либо документы принадлежат одному обеспечивающему процессу покупки или продажи товарно-материальных ценностей, работ, услуг. Документы увязываются как полностью, так и частично на сумму, отождествляющую вес в денежном выражении той или иной операции. В дальнейшем, вся работа с первичными документами в обеспечивающих подсистемах АСУП происходит через структурированные отражения этих документов в разработанных структурах базы данных. Логика работы программных средств обеспечивающих структурирование информации, организацию и поддержание связей данных, описываемым способом для сущностей «Покупка» и «Продажа», представлена на рисунке 10. В базе данных противоположные сущности имеют одинаковый набор таблиц со своими документами и зеркальной логикой их обработки.

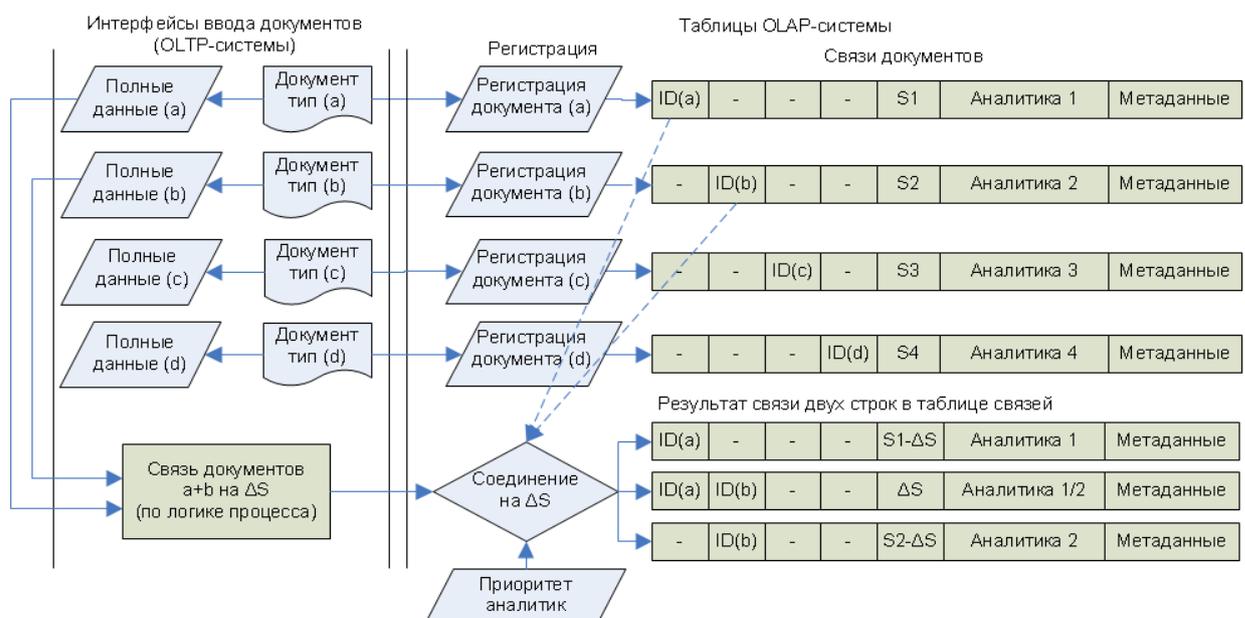


Рисунок 10 – Алгоритм связи первичных финансовых документов

Любое соединение двух строк в таблице связей (это фиксация операции или ее части) порождает новую строку (если связка на полную сумму) или строки (если остается остаток от объединения), при этом исходные строки помечаются идентификатором новой строки в разделе метаданных как неактуальные, а новые становятся актуальным отражением совершенной операции. Актуальные данные доступны для анализа обычным SQL-запросом сразу после регистрации и связи документов.

Программное обеспечение, поддерживающее правила структурирования и хранения данных, состоит из двух классов, это: класс для поддержания логики записи и обработки данных о самих первичных документах и связях между ними, и класс по поддержанию логики записи и обработки данных о налоге на добавленную стоимость (НДС) в учитываемых документах. Технически, разработанное программное обеспечение поддерживает в актуальном состоянии многомерный массив данных, распределенный по нескольким таблицам в базе данных (рис. 9), каждая из которых отвечает за отображение одних и тех же процессов для различных целей учета и анализа (не все события в финансовом учете порождают изменения в налоговом учете). В интерфейсе пользователя по работе с внешними первичными документами, осуществляется связь отражений документов в логике хозяйственных операций, формируя тем самым первоисточник данных. Основные процессы и их связи со структурированным первоисточником данных в АСУП, формирующие цифровую платформу управленческого учета в финансово-экономической сфере, представлены на рисунке 11.

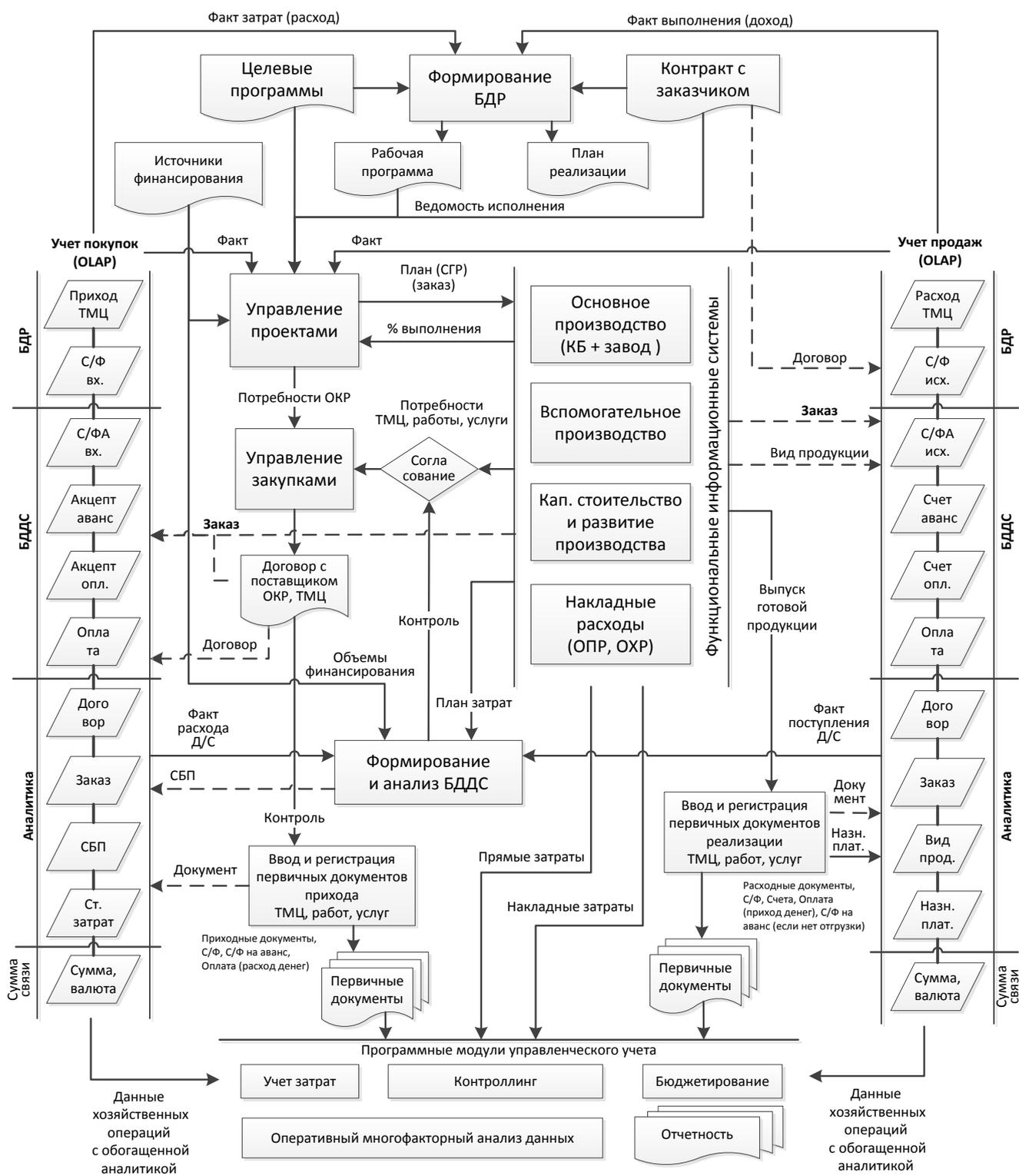


Рисунок 11 – Процессы, связанные с первоисточником данных внешних первичных документов в цифровой платформе

где:  $\longrightarrow$  - потоки данных;  
 $\dashrightarrow$  - аналитические признаки в учете.

Для реализации разработанной логики оперативного управления производством типичного предприятия ракетно-космической отрасли разработан программный комплекс задач, являющийся основой цифровой платформы. Здесь формируется учет, цифровое финансовое управление, бюджетирование, автоматизированы договорная и закупочная

деятельности, производится анализ взаимоотношений с контрагентами. Упреждающий контроллинг расхода денежных средств осуществляется в документах типа «Акцепт», при согласовании которого автоматически проверяются на правомерность все характеристики будущего платежа, ограничения учетной политики и различные настраиваемые условия. Связь между покупками и продажами, осуществляется посредством увязки доходных и расходных договоров через открытый заказ в системе управления проектами. В результате формируется ЕИП, с актуальной и непротиворечивой информацией о состоянии всех хозяйственных операций, имеющих в своем основании хотя бы один из первичных документов. Формируемый предлагаемым способом первоисточник данных финансовых документов является основой для аналитических задач, генерации разнообразной отчетности и разработки управленческих решений.

Этап экспериментальной эксплуатации на предприятии РКО показал работоспособность и эффективность предлагаемых подходов. Разработанная информационная модель и ПО, способствует распределению ответственности за ввод и контроль данных в системе управления по многочисленным исполнителям, компетентным на своем участке. Потребители цифровых процессов могут использовать эти данные для любых целей, могут заказывать интерфейсы пользователей для аналитических задач и формирования различной отчетности. Существует доверие к системе, потому как данные являются основанием для бухгалтерского и налогового учета, система значительно облегчает труд всего управленческого персонала. Численность отделов, которые формируют данные и генерируют отчетность, практически не изменяется по сравнению с кратным увеличением трудоемкости и интенсивности работы (рисунок 12).

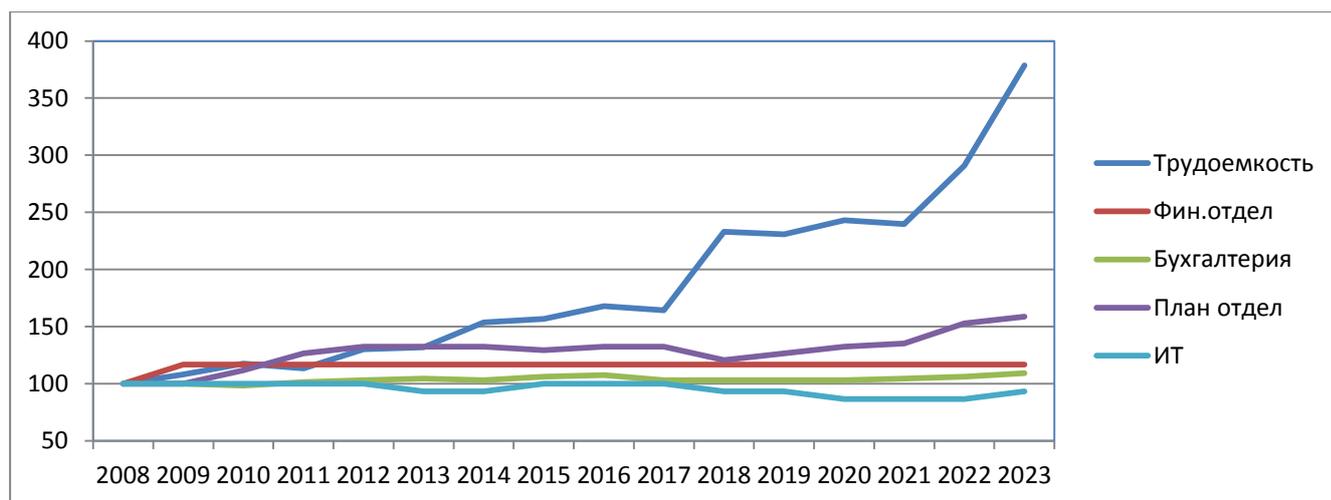


Рисунок 12 – Анализ изменения численности сотрудников при увеличении объемов работ

В **заключении** диссертации приведены основные результаты диссертационного исследования, выводы и приложения. В приложении представлены интерфейсы ПО описываемой цифровой системы управления разработкой и производством наукоемкой продукции на предприятии РКО и акты внедрения разработанных модулей.

## ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ

В соответствии с поставленной целью выполнены задачи диссертационного исследования:

- Анализ факторов управления наукоемким производством и распространенных подходов к организации управленческого учета показал недостаточность увязки технологических данных об изделиях с фактическими данными хозяйственной деятельности процесса производства. Существует необходимость учитывать, анализировать затраты и

оперативно управлять производством технически сложных изделий в единой с системами управления жизненным циклом продукции цифровой среде;

- Определен способ формирования единого информационного пространства для увязки данных об изделиях, данных технологического и экономического планирования, фактических затрат на производство, с требуемой в РКО аналитикой, в виде OLAP-решения в базе данных, с одновременным использованием разработанных структур данных для интеграции учетных систем;
- Разработана и предложена методика эффективной организации требуемых для предприятий РКО данных об изделии в системе управления проектами, позволяющая формировать структурированные информационные потоки работ, увязанные с объектами продаж, детализировать их до сотрудников и формировать в учете раздельный факт выполнения, что позволяет управлять трудоемкостью работ, проводить ресурсный и управленческий анализ;
- Разработан способ структурирования и хранения данных первичных финансовых документов в базе данных, позволяющий формировать в управленческом учете единый источник данных, на основе которого проводить оперативный анализ взаимоотношений с контрагентами, автоматизированный предварительный финансовый контроллинг. Способ обеспечивает раздельный учет затрат и генерацию разнообразной отчетности на основе актуальных непротиворечивых данных, применим для любых предприятий;
- Разработана модель цифровой платформы, состоящая из логической модели базы данных и функциональных объектов, связывающих в едином информационном пространстве различные направления автоматизации, что обеспечивает увязку данных об изделиях, объектов продаж, оперативного планирования и фактической себестоимости в разрезе этапов ведомостей исполнения с требуемой для предприятий РКО аналитикой;
- Промышленная эксплуатация разработанной цифровой платформы, показала достаточность и эффективность новой информационной модели.

Разработанная функциональная модель цифровой платформы и структурные решения для построения интегрированной АСУП, формируют единое информационное пространство актуальной связанной непротиворечивой информации аналитического характера на всех стадиях ЖЦ продукции проходящих на предприятии. Построенная цифровая платформа для управления процессом производства обеспечивает упреждающий контроллинг, позволяет вести раздельный учет затрат и формировать отвечающую современным требованиям отчетность о хозяйственной деятельности предприятия, повышает оперативность и эффективность управления ЖЦ производимых изделий без увеличения трудоемкости административно-управленческого персонала. Решение позволяет оперативно выполнять план-факт анализ учитывающий специфику рассматриваемых предприятий РКО и принимать своевременные управляющие воздействия повышающие качество управления. Может быть распространено на всю корпорацию «Роскосмос» для накопления и анализа информации в единой отраслевой системе сбора и обработки данных.

## **ОСНОВНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ**

### ***Публикации в изданиях, рекомендованных ВАК:***

1 Картамышев А.С. Проблематика систем управления на предприятиях аэрокосмической отрасли / А.С. Картамышев, Е.В. Негляд // Вестник Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. – 2014. – Т. 56. – Вып. 4. – С. 276-281.

2 Картамышев А.С. Подход к созданию интегрированной информационной системы управления на предприятиях ракетно-космической отрасли / А.С. Картамышев, А.В. Мурыгин // Вестник Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. – 2016. – Т. 17. – Вып. 1. – С. 50-56..

3 Картамышев А.С. Система сквозного планирования работ как основа интеграции информационных систем управления на предприятиях ракетно-космической отрасли / Ю.В. Вилков, А.С. Картамышев, И.В. Потуремский, А.М. Попов // Научные технологии. – 2016. – Т. 17. – Вып. 7. – С. 52-55.

4 Картамышев А.С. Способ организации данных при формировании многомерного массива актуальной аналитической информации в автоматизированной системе управления предприятием / А.С. Картамышев // Вестник Самарского университета. Аэрокосмическая техника, технологии и машиностроение. 2018. Т. 17, № 1. С. 170-179.

5 Картамышев А.С. Организация сквозного сопровождения позаказного производства наукоемкой продукции / Б.А. Черныш, А.С. Картамышев, И.В. Потуремский, В.Н. Хайдукова // Динамика сложных систем – XXI век. – 2020. Т. 14, № 4. С.46-54.

6 Черныш Б.А., Картамышев А.С. Разработка ядра интегрированной информационной системы / Б.А. Черныш, А.С. Картамышев // Программные продукты и системы. – 2021. Т. 34, № 2. С.237-244. DOI: 10.15827/0236-235X.134.237-244.

7 Картамышев А.С., Черныш Б.А. Разработка эффективной системы информационной поддержки принятия управленческих решений на предприятиях ракетно-космической отрасли / А.С. Картамышев, Б.А. Черныш // Сибирский аэрокосмический журнал. – 2021. – Т. 22. – № 2. – С. 227-243. DOI: 10.31772/2712-8970-2021-22-2-227-243.

8 Картамышев А.С., Черныш Б.А., Мурыгин А.В. Формирование многомерных данных в информационной финансово-экономической системе на предприятии госкорпорации «Роскосмос» / А.С. Картамышев, Б.А. Черныш, А.В. Мурыгин // Сибирский аэрокосмический журнал. – 2021. – Т. 22. – № 4. – С.589-599 DOI: 10.31772/2712-8970-2021-22-4-589-599

9 Картамышев А.С., Черныш Б.А. Подход к формированию данных для аналитической отчетности в системе управления предприятием / А.С. Картамышев, Б.А. Черныш // Информационные технологии. – 2023. – Т. 29. – № 10. – С. 540-548. DOI: 10.17587/it.29.540-548.

#### ***Входящие в международные базы цитирования Scopus или WebofScience:***

10 Kartamyshev A.S. The document management system as an integration basis for forming a unified data source of information support of a product life-cycle. / Yu V Vilkov, B A Chernysh, A S Kartamyshev, E N Golovenkin and I V Poturemsky -APITECH - 2019 // Journal of Physics: Conference Series. 2019, pp. 1-6 Vol. 1399 (2019) 044099. DOI: 10.1088/1742-6596/1399/4/044099

11 Kartamyshev A.S. "Hierarchical Data Model Choosing in the Information Systems Design in Relational DBMS" / B.A. Chernysh; A.S. Kartamyshev; A.V. Murygin // 2020 International Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern Technologies (FarEastCon), Vladivostok, 2020, pp. 1-5, DOI: 10.1109/FarEastCon50210.2020.9271190

#### ***В других изданиях:***

12 Картамышев А.С. Проблематика систем управления на предприятиях аэрокосмической отрасли / А.С. Картамышев, Е.В. Негляд // Решетневские чтения: материалы III научно-технической конференции, молодых специалистов ОАО «ИСС», посвященная 90-летию со дня рождения генерального конструктора ракетно-космических систем академика М. Ф. Решетнева, г. Железногорск – 2014. – С. 252 - 254.

13 Картамышев А.С. Оперативный анализ финансово-хозяйственной деятельности предприятия. / А.С. Картамышев, Е.В. Негляд // Решетневские чтения: материалы III научно-технической конференции, молодых специалистов ОАО «ИСС», посвященная 90-летию со дня рождения генерального конструктора ракетно-космических систем академика М. Ф. Решетнева, Железногорск – 2014. – С. 250 - 252.

14 Картамышев А.С. Практический опыт создания интегрированной информационной системы управления предприятием на примере АО «ИСС» / А.С. Картамышев // Сборник докладов IV конференции «Информационные технологии на службе оборонно-промышленного комплекса России» (26-29 мая 2015г, г. Казань), издание конференции. – 2015. – С. 81.

15 Картамышев А.С. Интеграция функциональных информационных систем на базе инструмента управления проектами. / А.С. Картамышев // Сборник докладов V ежегодного форума «Информационные технологии на службе оборонно-промышленного комплекса России», издательский дом Connect. – 2016. – С. 49 - 50.

16 Картамышев А.С. Инструмент управления проектами как основа для интеграции функциональных информационных систем. Опыт АО «ИСС» / А.С. Картамышев // Сборник докладов V ежегодного форума «Информационные технологии на службе оборонно-промышленного комплекса России» (17-20 мая 2016г, г. Челябинск), издательский дом Connect. – 2016. – С. 39.

17 Картамышев А.С. Интеграция функциональных информационных систем для формирования единого информационного поля / А.С. Картамышев, // Решетневские чтения: материалы XX юбилейной научно-технической конференции посвященной памяти генерального конструктора ракетно-космических систем академика М. Ф. Решетнева, Красноярск – 2016. – С. 372 - 373.

18 Картамышев А.С. Инструмент управления проектами - основа для интеграции систем менеджмента / А.С. Картамышев // Сборник статей. II научно-практической конференции «Повышение производительности труда в оборонно-промышленном комплексе за счет современных методов управления производством» (08-09 декабря 2016г, г. Ижевск), издательство АНО «Академия менеджмента». – 2017. – С. 130 - 133.

19 Картамышев А.С. Инновации в управлении предприятием РКО. Интегрированная информационная система управления предприятием АО «ИСС» / А.С. Картамышев, Ю.В. Вилков // Актуальные вопросы проектирования автоматических космических аппаратов для фундаментальных и прикладных научных исследований, 2017. Выпуск 2 – С.175 – 180.

20 Картамышев А.С. Модернизация информационной системы управления предприятием в АО «ИСС». / А.С. Картамышев, Е.Н. Пазников // Сборник статей. V всероссийской научно-технической конференции «Актуальные проблемы ракетно-космической техники» «V Козловские чтения» (11-15 сентября 2017г, г. Самара), том 2. – 2017. – С. 210 - 212.

21 Картамышев А.С. Автоматизация закупочной деятельности на предприятиях ракетно-космической отрасли. / Е.Н. Пазников, А.С. Картамышев // Сборник статей. V всероссийской научно-технической конференции «Актуальные проблемы ракетно-космической техники» «V Козловские чтения» (11-15 сентября 2017г, г. Самара), том 2. – 2017. – С. 207 - 209.

22 Картамышев А.С. Модернизация процесса планирования производства технически сложных изделий с использованием систем управления документами. / Б.А. Черныш, А.С. Картамышев // Сборник статей по итогам Международной научно-практической конференции «Современные проблемы и перспективные направления инновационного развития науки» (18 марта 2019г, г. Стерлитамак), С. 87 – 91.

23 Картамышев А.С. Формирование единого информационного пространства на ранних этапах жизненного цикла технически сложных изделий. / Б.А. Черныш, А.С. Картамышев // Труды XII общероссийской научно-практической конференции. «Инновационные технологии и технические средства специального назначения» (20-22 ноября 2019г, Военмех г. Санкт-Петербург), В 3-х томах. Сер. "Библиотека журнала "Военмех. Вестник БГТУ"" 2020, Издательство: Балтийский государственный технический университет "Военмех" (Санкт-Петербург). С. 307 – 311

24 Картамышев А.С. Информационная поддержка управления предприятием в условиях гособоронзаказа. / А.С. Картамышев, Б.А. Черныш // Труды XII общероссийской научно-практической конференции. «Инновационные технологии и технические средства специального назначения» (20-22 ноября 2019г, Военмех г. Санкт-Петербург), В 3-х томах. Сер. "Библиотека журнала "Военмех. Вестник БГТУ"" 2020, Издательство: Балтийский государственный технический университет "Военмех" (Санкт-Петербург). С. 264 – 270.

Тираж 100 экз. Заказ № \_\_\_\_\_

Отпечатано в отделе копировальной и множительной техники СибГУ  
660014, г. Красноярск, пр. им. газеты «Красноярский рабочий», 31

Картамышев Александр Сергеевич

**ЦИФРОВАЯ ПЛАТФОРМА ДЛЯ  
ОПЕРАТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВОМ  
В РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ**

Автореферат

Подписан к печати «    » \_\_\_\_\_ 2024  
Формат 60x84/16. Бумага писчая. Уч. изд. л.1.