

*На правах рукописи*

Кондрашев Вадим Адольфович

**МЕТОДЫ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ НАУЧНОГО СЕРВИСА В СРЕДЕ  
ОБЛАЧНЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ**

05.13.15 – Вычислительные машины, комплексы и компьютерные сети

**АВТОРЕФЕРАТ**

диссертации на соискание ученой степени

кандидата технических наук

Москва 2019

Работа выполнена в Федеральном государственном учреждении «Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление» Российской академии наук» (ФИЦ ИУ РАН)

**Научный руководитель:**

**Зацаринный Александр Алексеевич**  
доктор технических наук, профессор,  
заместитель директора ФИЦ ИУ РАН

**Официальные оппоненты:**

**Лазарев Виктор Михайлович**  
доктор технических наук, профессор,  
руководитель управления координации  
научно-технического развития  
АО «Системы управления»

**Шабанов Борис Михайлович**  
кандидат технических наук, доцент,  
заместитель директора  
Федерального государственного учреждения  
«Федеральный научный центр Научно-  
исследовательский институт системных  
исследований Российской академии наук»  
(ФГУ ФНЦ НИИСИ РАН)

**Ведущая организация:**

ФГБУ ВО «МИРЭА - Российский  
технологический университет»

Защита диссертации состоится 19 июня 2019 г. в 15 ч. 00 мин. на заседании диссертационного совета Д 002.073.02 при Федеральном исследовательском центре «Информатика и управление» Российской академии наук по адресу: 119333, г. Москва, ул. Вавилова, д.44, кор.2.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Федерального исследовательского центра «Информатика и управление» Российской академии наук по адресу: г. Москва, ул. Вавилова, д.44, кор. 2 и на сайте [www.frccsc.ru](http://www.frccsc.ru).

Автореферат разослан «    » \_\_\_\_\_ 2019 г.

Ученый секретарь  
диссертационного совета



Р.В. Разумчик

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Стратегия научно-технологического развития России (Указ Президента РФ от 01.12.2016 №642), Стратегия развития информационного общества (Указ Президента РФ от 9.05.2017 №203) ориентированы на широкое внедрение цифровых технологий, развитие фундаментальной науки, исследовательской инфраструктуры, IT-индустрии, ведение собственных передовых разработок. Программой цифровой экономики РФ, а также национальными проектами «Цифровая экономика» и «Наука», предусматривается создание современных цифровых платформ как инфраструктурной основы цифровой экономики России.

Научные и образовательные организации России обладают необходимыми компонентами для вовлечения в сферы цифровой экономики. Достижения информационных технологий и использование их в широком спектре научных областей, глобализация науки, междисциплинарность научных исследований, наличие развитой научно-технологической инфраструктуры, распределенной по территории страны сети центров коллективного пользования, уникальных научных установок, установок класса «Megascience», а также организованных высококвалифицированных научных коллективов, предоставляющих колоссальный спектр научных услуг в различных областях науки, создают предпосылки для появления цифровых платформ для научных исследований. Необходима систематизация этих услуг и повышение эффективности их использования на основе создания современной цифровой платформы для исследовательской инфраструктуры, которая предоставляла бы широкий спектр возможностей по научным сервисам не только для научных организаций, но и для внешних пользователей.

Ключевым понятием такой платформы является научный сервис как совокупность процессов и ресурсов для выполнения работ научно-исследовательского характера путем предоставления потребителю оборудования, расходных материалов, информационно-коммуникационных и обеспечивающих ресурсов, продуктов интеллектуальной научной деятельности, а также человеческих ресурсов, результатом которых является научная (исследовательская) услуга. Научный сервис как цифровое представление процессов научного исследования в облачной среде цифровой платформы становится ключевым компонентом в новых «цифровых» отношениях между научным коллективом и другими субъектами экономики (в том числе между научными коллективами).

Эффективное цифровое представление научной услуги цифровой платформой помимо создания инновационной основы исследовательским коллективам для использования научных сервисов может обеспечить учет и распределение ресурсов, систематизацию и оптимизацию затрат на проведение научных исследований. Накапливая информацию об оказании научных услуг, цифровая платформа создает условия для объективной оценки актуальности, важности, результативности научных сервисов, а

также распределения ресурсов с использованием принципов состязательности, целесообразности и оптимальности, а также принятых методов наукометрии.

Центральным элементом цифровой платформы для научных исследований является система представления сервисов. Ее назначение – описание научных сервисов, их публикация на платформе, предоставление инструментов ведения каталога научных сервисов, заказа и учета процессов научных исследований.

Методы представления процессов научных исследований, логически структурированные в архитектуру информационной системы облачных вычислений для цифровой платформы, позволяющие предоставлять, заказывать, учитывать, оценивать и планировать научные сервисы требуют научной разработки и являются востребованными для создания современных цифровых платформ.

Проблемам научного обоснования роли и места информационных систем и технологий в различных сферах деятельности общества, созданию различных информационных систем (репозиториев) для эффективного накопления, хранения и обработки информации и управления ресурсами, посвящен ряд исследований отечественных и зарубежных ученых. Среди работ по данной тематике необходимо отметить публикации известных советских и российских ученых: В.М.Глушкова, Н.Н.Моисеева, И.С.Брука, Б.Н.Наумова, И.А.Мизина, И.А.Соколова, Л.А.Калиниченко, А.А.Зацаринного, В.Н.Захарова, В.И.Будзко, А.П.Сучкова. В работах указанных авторов рассматриваются различные аспекты создания автоматизированных систем управления, информационных и информационно-управляющих систем для обработки и накопления информации, оптимизации управления.

В целом проблемам интеграции ресурсов для научных исследований в рамках отраслевой цифровой платформы, в частности, представлению процессов научного исследования в виде облачного сервиса цифровой платформы, не уделяется достаточного внимания. В связи с этим, исследования в области разработки методов представления научных сервисов в среде облачных вычислений на основе теоретической и практической проработки цифровой процессной модели представления процессов научного исследования в виде научных сервисов цифровой платформы являются **актуальными**.

**Целью работы** является исследование и разработка методов представления процессов научных исследований в облачной среде, а также обоснование рекомендаций по архитектурным решениям для информационной системы отраслевой цифровой платформы для научных исследований.

Для достижения поставленной цели в диссертации решаются следующие **научные задачи**:

– анализ и обоснование задач отраслевой цифровой платформы для научных исследований, подходов к описанию бизнес-моделей и бизнес-процессов для научных исследований, архитектурных решений интеграционной информационной системы в среде облачных вычислений;

– разработка методов и алгоритмов представления процессов научного исследования как бизнес-процессов и облачных сервисов цифровой платформы для научных исследований;

– обоснование научно-практических рекомендаций по архитектурным системотехническим решениям для цифровой платформы для научных исследований на основе разработанного комплекса методов и алгоритмов.

**Предметом исследования** методы представления научных сервисов для цифровых платформ в среде облачных вычислений.

**Объектом исследования** являются цифровые платформы для научных исследований.

**Методы исследования.** В работе используются методы теории систем, дискретной математики, системного анализа, теории управления и исследования операций.

**Достоверность результатов** исследования подтверждается:

– выбором моделей, методов и алгоритмов, адекватно отражающих процессы научного исследования в цифровой экономике;

– достоверностью исходных данных о проводимых исследованиях на приборной базе центров коллективного пользования и уникальных научных установок организаций Российской академии наук, входивших в действующий макет системы управления научными сервисами (НИР «Исследование вопросов управления результатами научно-исследовательской деятельности организаций, подведомственных ФАНО России, и научными сервисами сети ЦКП ФАНО», ФИЦ ИУ РАН, 2016 г., Инв. 991 от 2.02.2017);

– положительными результатами апробации методов и алгоритмов представления процессов научного исследования в системе описания научных сервисов действующего макета системы управления научными сервисами (НИР «Исследование вопросов управления результатами научно-исследовательской деятельности организаций, подведомственных ФАНО России, и научными сервисами сети ЦКП ФАНО», ФИЦ ИУ РАН, 2016 г., Инв. 991 от 2.02.2017).

Положения, выносимые на защиту, соответствуют пунктам 1 и 3 раздела «Области исследований» паспорта специальности 05.13.15 – Вычислительные машины, комплексы и компьютерные сети.

**Теоретическая значимость** исследования заключается в развитии методических подходов к представлению ряда процессов научного исследования как сервисов цифровой платформы и разработке методов и алгоритмов для анализа процессов научного исследования с целью систематизации научных сервисов.

**Практическая значимость** результатов работы определяется возможностью использования комплекса разработанных методов и алгоритмов для представления ряда процессов научного исследования как сервиса цифровой платформы при создании отраслевых цифровых платформ для научных исследований.

**Научная новизна** диссертационного исследования определяется следующими результатами:

1) методом описания процессов научного исследования в виде двухуровневой циклической процессной модели, позволяющей систематизировать существующие и перспективные научные сервисы цифровой платформы в среде облачных вычислений;

2) методикой планирования сервиса цифровой платформы как ключевой ценности бизнес-модели научного сервиса, опирающейся на ключевые ресурсы, ключевые процессы и структуру затрат;

3) методом глубокой интеграции научного сервиса в облачную инфраструктуру за счет представления ряда процессов научного исследования как облачного сервиса цифровой платформы;

4) комплексом алгоритмов обеспечения теоретических исследований и экспериментов инструментами цифровой платформы с глубокой интеграцией научных сервисов.

**Основные положения, выносимые на защиту:**

1) метод описания ряда процессов научного исследования как бизнес-процессов цифровой платформы позволяет определить и систематизировать совокупность существующих и перспективных научных сервисов цифровой платформы;

2) методы и алгоритмы представления ряда процессов научного исследования как облачного сервиса цифровой платформы позволяют обеспечить снижение транзакционных издержек за счёт применения пакета цифровых технологий работы с данными;

3) метод глубокой интеграции научного сервиса в облачную инфраструктуру за счет представления ряда процессов научного исследования как облачного сервиса цифровой платформы позволяет интегрировать ресурсы, необходимые для выполнения исследования, в единой информационной среде;

4) комплекс алгоритмов обеспечения экспериментальных и теоретических исследований инструментами цифровой платформы с глубокой интеграцией научных сервисов позволяет использовать классические механизмы управления интеграционной шины платформы (оркестровки) как детерминированными научными сервисами (сервисы, предоставляемые по готовым утвержденным методикам), так и поисковыми исследованиями с изменением методики исследования.

**Личный вклад.** Выносимые на защиту результаты получены соискателем лично. В опубликованных совместных работах постановка и исследование задач осуществлялись совместными усилиями соавторов при непосредственном участии соискателя. Работы [2, 12] написаны единолично. В работе [1] автору принадлежит разработка подходов к представлению ряда процессов научной исследований в виде научных сервисов. В работах [3-4] автору принадлежит разработка подходов представления процессов

высокопроизводительных вычислений в цифровой платформе. В работе [5] автору принадлежит разработка подходов представления процессов научного поиска в виде сервисов цифровой платформы. В работах [6-9] автору принадлежит разработка метода представления процессов научного исследования в цифровых платформах. В работе [10] автору принадлежит разработка метода интеграции научной услуги в облачную инфраструктуру. В работе [11] автору принадлежит разработка методов интеграции источников данных информационного взаимодействия в системе распределенных ситуационных центров. В работе [13] автором проведена разработка подходов представления процессов мониторинга информационной безопасности в среде облачных вычислений. В работе [14] автором проведена разработка подходов к обеспечению процессов взаимодействия корпоративных информационных систем с использованием мультисервисных телекоммуникационных услуг. В работах [15-21] автором проведена разработка методов описания процессов событийного управления в информационно-телекоммуникационных системах и их реализация в языке Cell. В работе [22] автором были предложены типовые комплексы аппаратно-программных средств и критерии их выбора для информационно-телекоммуникационных на основе экспертных оценок.

**Апробация основных результатов диссертационной работы** выполнена на ряде конференций и семинаров. Наиболее значимые из них:

– Междисциплинарный научно-практический семинар по проблеме «Математическое моделирование в материаловедении электронных компонентов», ВЦ РАН имени А.А. Дородницына ФИЦ ИУ РАН, Москва, 23 ноября 2018 г.;

– XIII Международный симпозиум «Intelligent Systems», INTELS'18, 22-24 октября 2018, Санкт Петербург;

– Международная научная конференция «Математическое моделирование и информационные технологии в инженерных и бизнес-приложениях», Воронежский государственный университет, Воронеж, 03-06 сентября 2018 г.;

– XXIV международная научно-техническая конференция «Радиолокация, навигация и связь», Воронеж, 17-19 апреля 2018 г.;

– III научно-практическая конференция «Проблемы управления научными исследованиями и разработками – 2017», Москва, ИПУ РАН, 25 октября 2017;

– XXIII международная научно-техническая конференция «Радиолокация, навигация и связь», Воронеж, 18-20 апреля 2017 г.;

– Китайско-российский форум инженерных технологий, КНР, Ханчжоу, 2015.

**Публикации.** Основные научные результаты, представленные в данной работе, опубликованы в 22 печатных работах, в том числе в 15 публикациях [1-2, 6, 10-11, 13-22] в рецензируемых научных изданиях, входящих в перечень ВАК Минобрнауки России.

**Структура работы.** Диссертационная работа общим объемом 122 страницы состоит из введения, трех глав, заключения, списка использованной литературы, включающего 128 наименований, а также содержит 11 иллюстраций и 2 таблицы.

## СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

**Во введении** обоснована актуальность работы, представлено место цифровых платформ как инструмента для решения прикладных и фундаментальных задач современной науки в цифровой экономике.

**В первой главе** анализируются факторы, определяющие методы представления научного сервиса в среде облачных вычислений цифровой платформы:

- нормативные документы цифровой экономики (определения, классификация цифровых платформ в цифровой экономике РФ);
- процессные подходы к созданию бизнес-моделей инновационной деятельности;
- существующие информационными ресурсы для процессов научной деятельности в интернет пространстве;
- системотехнические подходы к созданию информационных систем;
- методические подходы к оценке архитектурных решений для информационных систем.

В разделе рассматриваются положения документа «Цифровые платформы: подходы к определению и типизации цифровых платформ» (АНО «Цифровая экономика», 2018). Делается вывод о том, что цифровую платформу для научных исследований следует рассматривать как отраслевую цифровую платформу в виде иерархической экосистемы, включающей инструментальные, инфраструктурные и прикладные цифровые платформы и представляющей собой интеграционную информационную систему, которая:

- а) обеспечивает накопление, обмен и управление данными, а также интеграцию с информационными системами участников и цифровыми платформами;
- б) обслуживает значимое количество участников трех категорий:
  - поставщики услуг и ресурсов для научных исследований;
  - потребители услуг и ресурсов для научных исследований;
  - регуляторы цифровой платформы для научных исследований, включая оператора платформы и его эксплуатационные подразделения.

В результате анализа современных подходов к созданию бизнес-моделей инновационной деятельности делается вывод о том, что:

- на цифровой платформе для научных исследований целесообразно поддерживать функционирование предприятий с самым широким спектром бизнес-моделей, описание для которых представляется шаблоном Business Model Canvas, предложенным Остервальдером;



– создание научных сервисов цифровой платформы для скорейшего удовлетворения новых потребностей клиента, обуславливающих применение новых технологий и методик в исследованиях, целесообразно описывать бизнес-моделями на основе подхода «прорывных инноваций» Кристенсена;

– спецификацию процессов научных исследований с высокой степенью специализации работ, выполняемых инструментами отраслевой цифровой платформы как экосистемы, в том числе в междисциплинарных областях, необходимо формировать с учетом подходов к классификации бизнес-моделей, предложенных Швайцером.

Проводится анализ комплекса информационных систем интернет-пространства. В результате анализа определяются следующие группы задач, решаемые на различных стадиях научной деятельности в современном информационном интернет-пространстве:

– поиск публикаций, получение реферативных обзоров для анализа текущего состояния научной проблемы, существующих методов и алгоритмов решения задач;

– поиск и использование приборной базы, вычислительных ресурсов (программного обеспечения), данных экспериментов для проведения исследования, а также предоставления перечисленных видов ресурсов для использования сторонним исследователям;

– участие в научных проектах, обсуждение, апробация и публикация научных результатов, организация исследовательских коллективов для совместной творческой деятельности, формирование индивидуального профессионального рейтинга.

В информационном интернет-пространстве отсутствуют интеграционные информационные системы отраслевых цифровых платформ для научных исследований с характеристиками, определенными подходами к типизации цифровых платформ для программы цифровой экономики России.

Проведенный анализ Интернет-ресурсов и сервисов указывает на необходимость учета их на различных стадиях научной деятельности при формировании экосистемы отраслевой цифровой платформы для научных исследований.

Проведенный анализ технологий интеграционных информационных систем показал, для создания единого информационного пространства отраслевой цифровой платформы для научных исследований с высокой степенью масштабирования, эластичности и адаптируемости необходимо ориентироваться на следующие технологии, архитектурные концепции и принципы:

– концепцию, принципы и определения системного подхода к «открытым системам»;

– концепцию многослойной иерархической архитектуры информационной системы, в частности решения для сервис-ориентированных и микросервисных архитектур;

– концепцию интеграционной шины (сервисной шины предприятия) с элементами управления бизнес-процессами на основе формальных спецификаций;

– технологии виртуализации (контейнеризации) вычислительных ресурсов, облачных вычислений.

Были проанализированы следующие направления обоснования выбора архитектурного решения для информационной системе:

- на основе оценки качества информационной системы;
- на основе оценки рисков функционирования информационной системы;
- на основе пошагового аргументированного выбора архитектурной опции для решения задач информационной системы.

Сделан вывод о том, что на ранних стадиях жизненного цикла информационных систем в условиях отсутствия накопленной статистики функционирования системы или ее обоснованного аналога целесообразно использовать пошаговый аргументированный выбор архитектурных решений как вырожденный случай экспертной оценки попарного сравнения альтернатив.

В завершении первой главы на основе анализа исходных условий, поведенного в главе, и цели исследования формулируется постановка задачи диссертационной работы:

1) необходимо разработать такие методы и алгоритмы представления процессов научного исследования в виде бизнес-процессов и облачных сервисов цифровой платформы для научных исследований, которые обеспечат:

- систематизацию научных сервисов;
- представление научных сервисов на цифровой платформе;
- применение пакета технологий цифровой платформы для работы с данными в единой информационной среде;

2) необходимо обосновать научно-практические рекомендации по архитектурным системотехническим решениям для цифровой платформы для научных исследований в части системы представления научных сервисов на основе разработанного комплекса методов и алгоритмов.

Разработанные методы, алгоритмы, рекомендации должны позволить:

- определить и систематизировать совокупность существующих и перспективных научных сервисов цифровой платформы;
- снизить транзакционные издержки за счет применения пакета цифровых технологий платформы для работы с данными во взаимоотношениях поставщиков и потребителей научных сервисов;
- интегрировать ресурсы, необходимые для выполнения научного исследования, в единой информационной среде;
- обеспечить использование классических механизмов управления интеграционной шиной платформы как детерминированными научными сервисами (сервисы, предоставляемые по готовым утвержденным методикам), так и поисковыми исследованиями с изменением методики исследования;

– обеспечить применение цифровых платформенных технологий для эффективного учета, систематизации и оптимизации затрат на проведение научных исследований.

**Во второй главе** рассматриваются методы представления научного сервиса в среде облачных вычислений цифровой платформы.

Предлагается метод описания научного исследования как бизнес-процесса цифровой платформы, базирующегося на двухуровневой циклической схеме, моделирующей процессы научного исследования (рисунок 1).

Группа процессов «Целеполагание» представляет собой цикл из пяти базовых процессов (формулировка научной проблемы, мониторинг научной проблемы, анализ данных мониторинга, выдвижение новой гипотезы, формирование программы исследований), обеспечивающих осмысление и формулировку целей исследования в виде научной гипотезы и плана исследований.

Группа процессов «Исследование» (проведение экспериментов, анализ результатов, принятие решения, оформления результатов) осуществляет реализацию плана исследования с целью получения положительного результата (новое знание) или отрицательного результата (возврат к стадии «Целеполагание» для корректировки целей исследования).

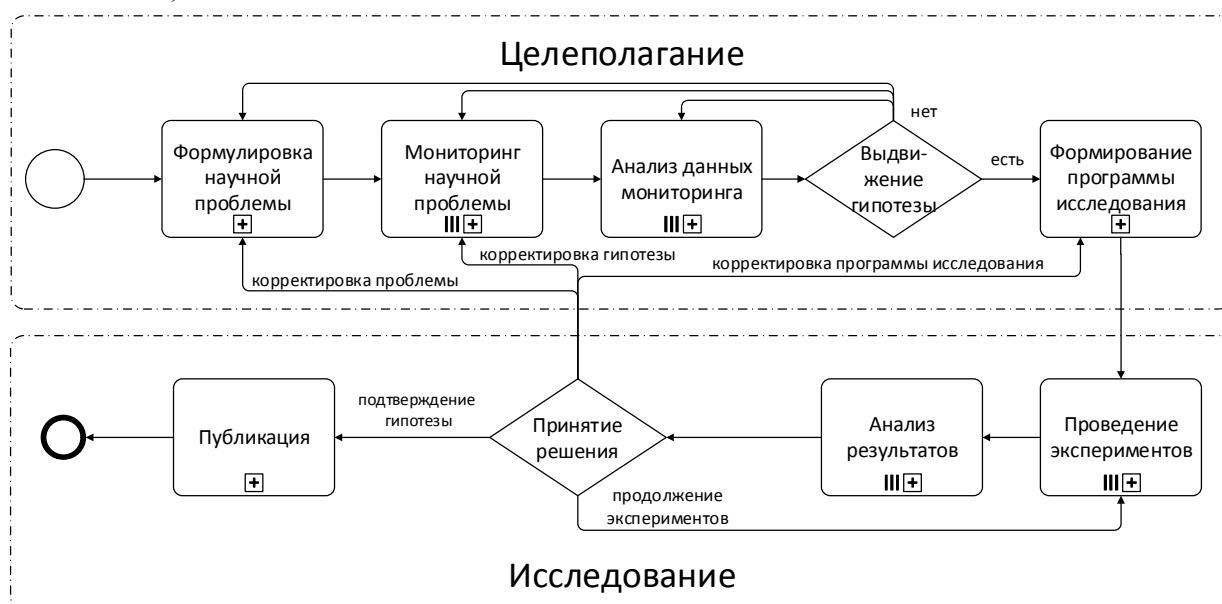


Рисунок 1 – Схема процессов модели научного исследования

На основе предложенной схемы систематизируется набор сервисов цифровой платформы, используемых для выполнения исследования, и предлагается методика для организации работ по созданию научного сервиса (рисунок 2).

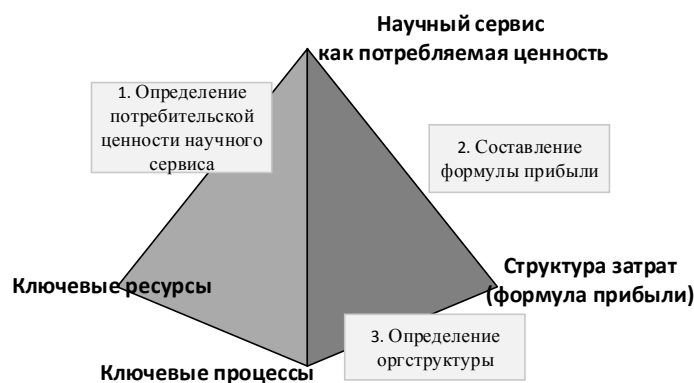


Рисунок 2 - Бизнес-модель научного сервиса цифровой платформы

Шаг 1. Создание ценностного предложения для потребителя научного сервиса, которое содержит описание того, что требуется от научного сервиса с точки зрения его потребителя. На этом этапе определяются:

- основные характеристики потребителя исследования;
- потребности, требующей удовлетворения;
- предложения исследовательского коллектива по оказанию научной услуги.

Шаг 2. Составление модели получения результата, описывающей процесс получения результата, структуру затрат, скорость обращения ресурсов:

- решения по использованию ключевых ресурсов – персонала, технологий, оборудования, информационных и интеллектуальных ресурсов, каналов взаимодействия с партнерами и потребителями;
- решения по ключевым процессам организации исследования, чтобы можно было постоянно в требуемом объеме предлагать научный сервис в соответствии с определенной системой функциональных показателей, правилами и нормами организации процессов.
- определение источников финансирования и структуры затрат.

Шаг 3. Анализ разработанной модели создания научного сервиса, сравнение с существующей моделью проведения исследований, обоснование организационных решений.

Бизнес-модель научного сервиса определяет три основных структурных элемента цифровой платформы для научных исследований (рисунок 3): комплекс научных сервисов, центр компетенций и сеть центров обработки данных.

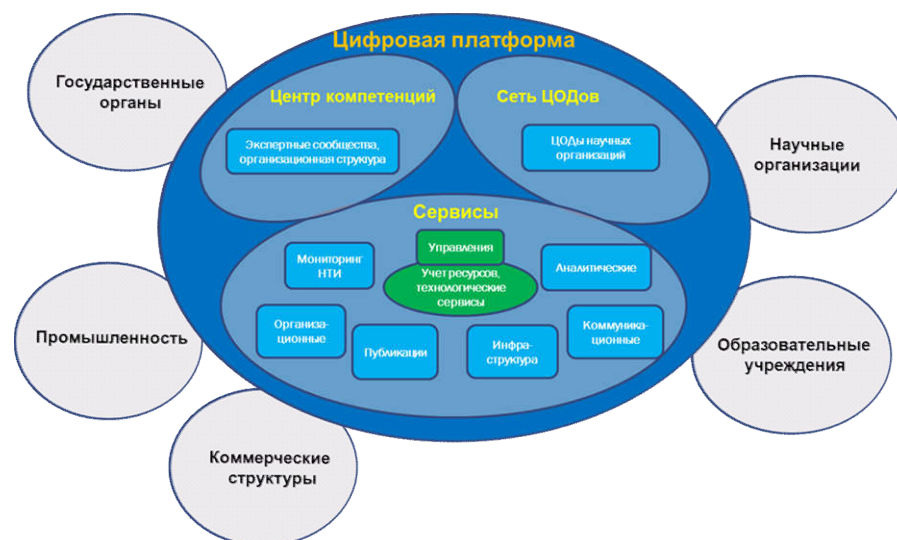


Рисунок 3 - Структура отраслевой цифровой платформы для научных исследований

Предлагается рассматривать научный сервис, как услугу, предоставляемую научным коллективом в рамках своей области знаний и опыта, возможно, с использованием уникального научного оборудования, в среде облачных вычислений (рисунок 4).



Рисунок 4 - Научный сервис в среде облачных вычислений цифровой платформы

Рассматривается несколько ступеней интеграции научного исследования в среде облачных вычислений, которое в общем случае не является классическим облачным сервисом типа IaaS, PaaS, SaaS (далее B-сервисы). Предлагается глубокая интеграция научного сервиса в облачную инфраструктуру на основе гипервизора исследовательских сервисов (рисунок 5), при которой становится возможным использование классических

инструментов платформы облачных сервисов (системы личных кабинетов, интеграционной шины, оркестратора, системы учета и т.д.) для обеспечения описания и выполнения бизнес-процессов предоставления научных сервисов и учета используемых ресурсов.

При таком методе представления научного сервиса в цифровой платформе появляется возможность автоматизировать широкий круг задач по управлению научной приборной базой и трудовыми ресурсами:

- управление ресурсами;
- управление снабжением и материалами;
- управление исследованиями и эксплуатацией;
- управление договорами.



Рисунок 5 - Интеграция исследовательского сервиса в облачную инфраструктуру платформы для научных исследований

Решение задач осуществляется на основе определения и описания возможностей ресурсов их владельцами – пользователями платформы – поставщиками научной услуги.

Поставщики услуги в рамках платформенного реестра ресурсов должны иметь возможность описать свою приборную базу, расходные материалы, трудовые ресурсы, заявки на выполнение работ и договора в соответствующих реестрах.

Глубокая интеграция научных сервисов в облачные вычисления создает условия для решения ряда научно-практических задач с целью выполнения основной функции отраслевой цифровой платформы – сокращение транзакционных издержек научных исследований:

- создания единой информационной среды для научных исследований, обработки и распространения их результатов;

– разработки технологии оперативно-технического управления научными сервисами.

Метод глубокой интеграции научных сервисов в облачные вычисления, использование технологии облачных вычислений, применяемой в цифровых платформах, позволяет использовать классические механизмы управления интеграционной шиной платформы (оркестровки) как детерминированными научными сервисами (сервисы, предоставляемые по готовым утвержденным методикам), так и поисковыми исследованиями. В первом случае, механизмы управления сервисами позволяют унифицировать однотипные научные сервисы различных поставщиков и обеспечить конкурентный (в том числе автоматический) выбор. Во втором случае, механизмы управления позволяют описать процедуры согласования отклонения хода исследования от процесса предоставления базового научного сервиса, что ведет к включению процессов экспертного согласования направления дальнейшего поискового исследования с задействованием интуиции как неотъемлемой части научного поиска.

В общем виде комплекс алгоритмов обеспечения теоретических исследований и экспериментов инструментами цифровой платформы с глубокой интеграцией научных сервисов представлен на рисунке 6.

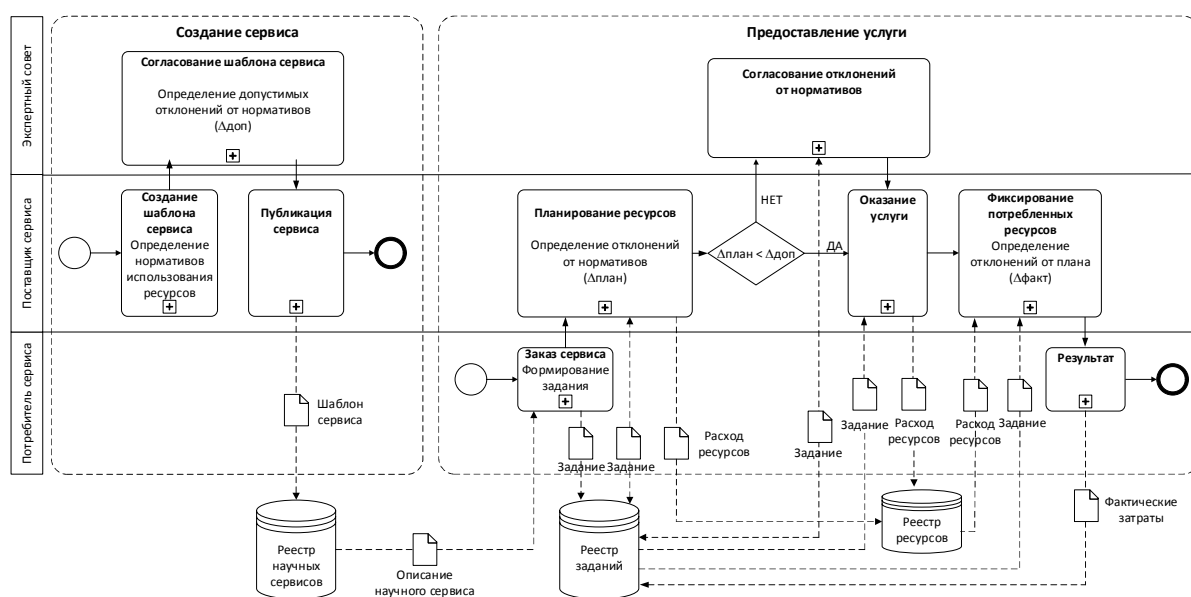


Рисунок 6 – Комплекс алгоритмов обеспечения теоретических исследований и экспериментов инструментами цифровой платформы с глубокой интеграцией научных сервисов

Алгоритмы предусматривают следующие этапы декларации и предоставления научного сервиса с участием экспертов центров компетенции цифровой платформы:

- заказ научного сервиса пользователем по единому каталогу (включая поиск научного сервиса и формирование задания на оказание соответствующей услуги);
- согласование задания администратором научного сервиса (в том числе, возможно, с экспертным советом научного коллектива, предоставляющего услугу), включая создание технологической карты выполнения задания на основе утвержденного шаблона и определение плановых затрат на оказание услуги;
- выполнение задания, учет продолжительности операций (по данным прибора или контроля оператором), обоснование отклонения продолжительности оказания услуги от запланированной величины;
- учет фактически использованных ресурсов задания, включая расчет фактических затрат на оказанный научный сервис;
- информирование пользователя об окончании выполнения задания;
- накопление информации о процессе предоставления научного сервиса для аналитической обработки и принятых экспертом отклонениях.

Процессы формирования заказов научных услуг пользователями, организации их выполнения администраторами научных услуг, а также накопления и аналитики статистических данных о результатах работы научных коллективах формализуются нотификацией бизнес-процесса и автоматизируются интеграционной шиной и гипервизором облачных ресурсов, входящих в состав среды облачных вычислений цифровой платформы.

**В третьей главе** обосновываются научно-практических рекомендаций по архитектурным системотехническим решениям для цифровой платформы для научных исследований.

С учетом положений первых двух глав определяется состав цифровой платформы научных исследований как совокупность следующих компонентов (рисунок 7):

- система описания научного сервиса;
- система публикации научного сервиса;
- система классификация научных сервисов;
- система поиска научного сервиса;
- система заказа научного сервиса;
- система планирования и учета ресурсов;
- система учета результатов и экспертных оценок;
- система доступа пользователей;
- интеграционная шина (система технологического управления).



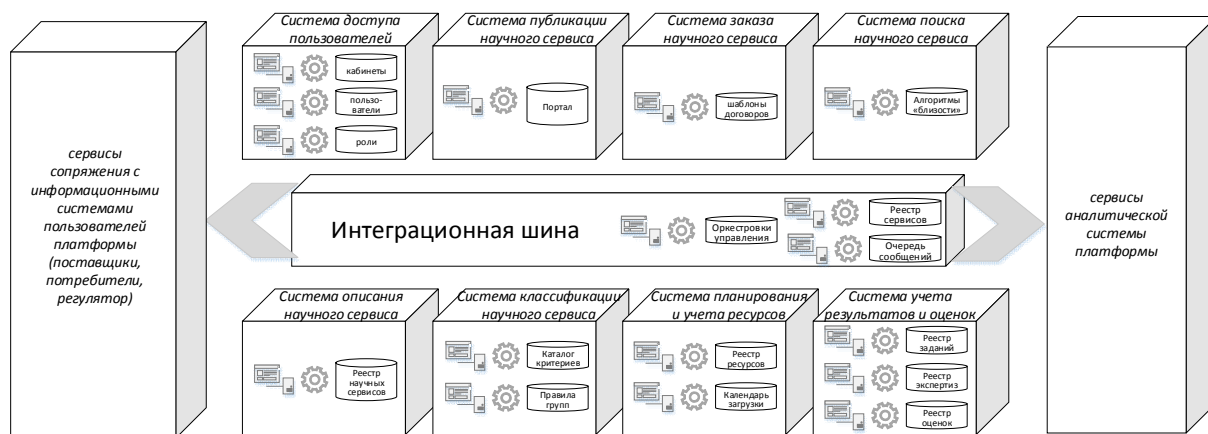


Рисунок 7 - Архитектурные решения для системы предоставления научных сервисов цифровой платформы научных исследований

Архитектурные решения системы предоставления научных сервисов формируются как решения для облачного комплекса систем микросервисной архитектуры, связанных интеграционной шиной, предоставляющий услуги пользователям с использованием веб-портальных технологий на основе метода глубокой интеграции научного сервиса в облачную инфраструктуру и использования инструментов сервис-ориентированного комплекса. Цифровая платформа для научных исследований, созданная в соответствии с предлагаемым подходом, помимо предоставления инновационной основы исследовательским организациям для использования научных сервисов может обеспечить структуризацию научных сервисов, создание сквозных технологий для эффективного учета, систематизации и оптимизации затрат на проведение научных исследований на основе обоснованной оценки актуальности, важности, результативности научных сервисов и распределения ресурсов с использованием принципов состязательности, целесообразности и оптимальности.

Результаты диссертационной работы в части разработки методов и алгоритмов представления научного сервиса в среде облачных вычислений были использованы при создании действующего макета системы управления научными сервисами (далее, СУС) в рамках НИР «Исследование вопросов управления результатами научно-исследовательской деятельности организаций, подведомственных ФАНО России, и научными сервисами сети ЦКП ФАНО» (ФИЦ ИУ РАН, 2016, Инв. 991 от 2.02.2017).

На макете СУС были апробированы системотехнические решения по созданию системы и решения поставленных функциональных задач, включая подходы к описанию услуг ЦКП как облачных сервисов, на выбранном множестве ЦКП, предоставляющих гетерогенные услуги, в том числе решения по представлению процессов научного исследования как научного сервиса в среде облачных вычислений:

– метод описания процессов научного исследования в виде двухуровневой циклической процессной модели групп «Целеполагание» и «Исследование»;

– методика планирования сервиса цифровой платформы как ключевой ценности бизнес-модели научного исследования, опирающейся на ключевые ресурсы, ключевые процессы и структуру затрат;

– метод глубокой интеграции научного сервиса в облачную инфраструктуру за счет представления процессов научного исследования как облачного сервиса цифровой платформы;

– комплекс алгоритмов обеспечения теоретических исследований и экспериментов инструментами цифровой платформы с глубокой интеграцией научных сервисов.

В ходе исследований на макете пилотной зоны были проверены правильность выбранной концепции и архитектуры СУС, решения по представлению научного сервиса, реализации основных, вспомогательных и обеспечивающих процессов и процессов технологического управления.

Еще результаты диссертационной работы в части разработки методов и алгоритмов представления научного сервиса в среде облачных вычислений были использованы при создании информационного адаптера интеграционной шины для выполнения требований ЦКП вычислительными ресурсами МСЦ РАН к информационному обеспечению системы управления научными сервисами

Центр коллективного пользования вычислительными ресурсами МСЦ РАН (филиал ФГУ ФНЦ НИИСИ РАН) обеспечивает исследователей высокопроизводительными вычислительными ресурсами.

Метод глубокой интеграции исследовательского сервиса в облачную инфраструктуру позволил реализовать для ЦКП МСЦ РАН информационный адаптер интеграционной шины и выполнить требования ЦКП к информационному обеспечению системы управления научными сервисами в части обеспечения возможностей:

– представления оборудования ЦКП как разделяемого ресурса определенного объема;

– учета потребления разделяемого ресурса за определенное время;

– представления научной услуги ЦКП в виде подписки (подключение на абонентское обслуживание) на разделяемый ресурс на определенный период.

Также результаты диссертационной работы в части разработки методов и алгоритмов представления научного сервиса в среде облачных вычислений были использованы при создании средств взаимодействия информационной системы ЦКП ФИЦ Биотехнологии с системой управления взаимоотношениями с клиентами.

Центр коллективного пользования «Промышленные биотехнологии» организован для эффективного использования уникального научного оборудования, находящегося на балансе Института биохимии им. А. Н. Баха (ИНБИ), входящего в состав ФИЦ Биотехнологии РАН.

В ЦКП ПБ функционирует внутренняя информационная система для обслуживания заданий на исследования и учета потребленных ресурсов.

Подходы метода глубокой интеграции исследовательского сервиса в облачную инфраструктуру позволили персоналу ЦКП консолидировать внутреннюю информационную систему с системой управления взаимоотношениями с клиентами на основе продукта с открытыми исходными кодами SuiteCRM (<https://suitecrm.com/>), что обеспечило снижение трудоемкости операций, связанных с взаимоотношениями с клиентами на 50-60%.

**В заключении** диссертации приведены основные научно-практические результаты работы.

### **ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ**

1) Выполнен анализ нормативных документов, определяющих развитие цифровой экономики России. Сформулированы характеристики цифровой платформы для научных исследований.

2) Проанализированы существующие подходы к разработке бизнес-моделей инновационной деятельности. Обоснована постановка задачи разработки методов и алгоритмов описания процессов научного исследования для цифровой платформы в облачной среде.

3) В результате анализа видов информационных ресурсов в научном интернет-пространстве РФ сформулирован перечень задач, решаемых с помощью информационного пространства сети Интернет.

4) На основе анализа современных подходов к разработке интеграционной информационной системы была поставлена задача разработать методы и алгоритмы представления научного сервиса для отраслевой цифровой платформы для научных исследований с целью снижения транзакционных издержек за счёт применения пакета цифровых технологий работы с данными в единой информационной среде.

5) В результате анализа подходов к оценке архитектурных решений для информационных систем обоснована целесообразность применения пошагового аргументированного выбора архитектурных решений, учитывающего особенности проведения исследования на ранней стадии жизненного цикла цифровой платформы для научных исследований.

6) Разработан метод описания процессов научного исследования как бизнес-процессов цифровой платформы для определения и систематизации совокупности существующих и перспективных научных сервисов цифровой платформы.

7) Разработана методика планирования сервиса цифровой платформы как ключевой ценности бизнес-модели научного сервиса, опирающейся на ключевые ресурсы, ключевые процессы и структуру затрат.

8) Разработаны методы и алгоритмы представления научного сервиса как облачного сервиса цифровой платформы, которые позволяют обеспечить снижение транзакционных издержек за счёт применения пакета цифровых технологий работы с данными в единой информационной среде:

– метод глубокой интеграции научного сервиса в облачную инфраструктуру, который за счет представления процессов научного исследования как облачного сервиса цифровой платформы позволяет интегрировать ресурсы, необходимые для выполнения исследования, в единой информационной среде;

– комплекс алгоритмов обеспечения экспериментов и исследований инструментами цифровой платформы с глубокой интеграцией научных сервисов, который позволяет использовать классические механизмы управления интеграционной шины платформы (оркестровки) как детерминированными научными сервисами (сервисы, предоставляемые по готовым утвержденным методикам), так и поисковыми исследованиями с изменением методики исследования.

9) Сформулированы рекомендации по архитектурным системотехническим решениям для цифровой платформы для научных исследований в части системы представления научных сервисов, предложен ее состав. Цифровая платформа для научных исследований, созданная в соответствии с предлагаемым подходом, помимо предоставления инновационной основы исследовательским организациям для использования научных сервисов может обеспечить структуризацию научных сервисов, создание сквозных технологий для эффективного учета, систематизации и оптимизации затрат на проведение научных исследований.

10) Представлено применение разработанных методов в макете системы управления научными сервисами, созданным в рамках НИР «Исследование вопросов управления результатами научно-исследовательской деятельности организаций, подведомственных ФАНО России, и научными сервисами сети ЦКП ФАНО» (ФИЦ ИУ РАН, 2016, Инв. 991 от 2.02.2017), в информационном адаптере системы управления ЦКП вычислительными ресурсами МСЦ РАН и в информационной системе ЦКП ФИЦ Биотехнологии РАН.

## **ОСНОВНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ**

**1. Зацаринный А.А., Кондрашев В.А., Сучков А.П. Система научных сервисов как актуальный компонент научных исследований // Системы и средства информатики. 2019. Т.30. №1. С.23-38.**

**2. Кондрашев В.А. Архитектура системы предоставления сервисов цифровой платформы для научных исследований // Системы и средства информатики. 2018. Т.28. №3. С.131-140.**

3. Zatsarinny A.A., Gorshenin A.K., Kondrashev V.A., Volovich K.I., Denisov S.A. Toward high performance solutions as services of research digital platform. // Procedia Computer Science. Volume 150 (2019). p. 622-627.

4. Кондрашев В.А., Волович К.И. Управление сервисами цифровой платформы на примере услуги высокопроизводительных вычислений // В сборнике: Математическое

моделирование и информационные технологии в инженерных и бизнес-приложениях материалы Международной научной конференции. Воронежский государственный университет. Воронеж. 03-06 сентября 2018 г. С.217-223.

5. Волович К.И., Денисов С.А., Кондрашев В.А. Об интуиции в цифровой платформе научных исследований // В сборнике материалов XXIV международной научно-технической конференции «Радиолокация, навигация, связь». 17-19 апреля 2018 г. Воронеж. Т.1. С.164-171.

**6. Зацаринный А.А., Горшенин А.К., Волович К.И., Кондрашев В.А. Основные направления развития информационных технологий в условиях вызовов цифровой экономики // Цифровая обработка сигналов. 2018. № 1. С.3-7.**

7. Волович К.И., Горшенин А.К., Зацаринный А.А., Кондрашев В.А. Система управления научными сервисами как базовый сервис цифровой платформы для научных исследований // В сборнике материалов III научно-практической конференции «Проблемы управления научными исследованиями и разработками – 2017». 26 октября 2017 г. ИПУ РАН. НИЦ «Институт им. Н.Е. Жуковского». С.53-64.

8. Зацаринный А.А., Волович К.И., Кондрашев В.А. Методологические вопросы управления научными сервисами научных и образовательных организаций Российской Федерации// В сборнике материалов XXIII международной научно-технической конференции «Радиолокация, навигация, связь». 18-20 апреля 2017 г. Воронеж. Т.1. С.7-14.

9. Зацаринный А.А., Горшенин А.К., Волович К.И., Колин К.К., Кондрашев В.А., Степанов П.В. Управление научными сервисами как основа национальной цифровой платформы «Наука и образование» // Стратегические приоритеты. № 2(14). 2017. С.103-114.

**10. Волович К.И., Зацаринный А.А., Кондрашев В.А., Шабанов А.П. О некоторых подходах к представлению научных исследований как облачного сервиса // Системы и средства информатики. 2017. Т.27. №1. С.73-84.**

**11. Волович К.И., Денисов С.А., Кондрашев В.А., Сучков А.П. Методология создания веб-сервисного информационного взаимодействия в системе распределенных ситуационных центров // Системы и средства информатики. 2016. №4. Т.26. С.51-59.**

12. Кондрашев В. А. Системотехнические вопросы формирования требований к техническим комплексам ситуационных центров // Сборник трудов Китайско-российского форума инженерных технологий. Ханчжоу, провинция Чженцзян, КНР. 2015. С.92–99.

**13. Бондаренко О.А., Волович К.И., Кондрашев В.А. Мониторинг информационной безопасности как облачный сервис // Системы и средства информатики. 2014. Т.24. №3. С.169-175.**

14. Денисов С.А., Ионенков Ю.С., Кондрашев В.А. Об использовании сети общего пользования в корпоративной мультисервисной телекоммуникационной сети связи // Системы и средства информатики. 2011. Т.21. №2. С.51-64.

15. Бондаренко Т.В., Волович К.И., Кондрашев В.А. Язык Cell – инструмент для синтеза программного обеспечения многоуровневого телекоммуникационного протокола по частично формализованным спецификациям // Вестник Воронежского государственного технического университета. 2011. Т.7. №3. С.120-125.

16. Бондаренко О.А., Волович К.И., Кондрашев В.А. Средства поддержки исполняемого кода, синтезированного по спецификациям на языке Cell // Системы и средства информатики. 2011. Т.21. №1. С.105-116.

17. Бондаренко О.А., Волович К.И., Кондрашев В.А. Алгоритмы функционирования компилятора языка Cell // Системы и средства информатики. 2011. Т.21. №1. С. 117-140.

18. Бондаренко Т.В., Бондаренко О.А., Волович К.И., Кондрашев В.А. Сигнальный механизм языка Cell // Системы и средства информатики. 2010. Т.20. №3. С.45-66.

19. Бондаренко Т.В., Бондаренко О.А., Волович К.И., Кондрашев В.А. Язык Cell: модель обработки клонов // Системы и средства информатики. 2010. Т.20, №3, С.67-81.

20. Бондаренко Т.В., Бондаренко О.А., Волович К.И., Кондрашев В.А. Базовая модель функционирования автомата в системе программирования Cell // Системы и средства информатики. 2010. Т.20. №3. С.82-97.

21. Бондаренко Т.В., Бондаренко О.А., Волович К.И., Денисов С.А., Кондрашев В.А. Иерархические диаграммы состояний и переходов в синтезе телекоммуникационных протокольных автоматов // Системы и средства информатики. 2009. Т.19. №2. С. 77-85.

22. Зацаринный А.А., Ионенков Ю.С., Кондрашев В.А. Об одном подходе к выбору системотехнических решений построения информационно-телекоммуникационных систем // Системы и средства информатики. 2006. Т.16. №1. С. 65-71.