

На правах рукописи



**ФАХРУЛЛИНА Альмира Раисовна**

**МОДЕЛИ И МЕТОДЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ  
ПРОГРАММНЫХ СИСТЕМ ДЛЯ ОБРАБОТКИ  
РАЗНОРОДНЫХ ДАННЫХ (НА ПРИМЕРЕ ПРОГРАММНОГО  
ОБЕСПЕЧЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ  
СРЕДЫ)**

**Специальность 05.13.11 – Математическое и программное  
обеспечение вычислительных машин, комплексов и  
компьютерных сетей**

**АВТОРЕФЕРАТ  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук**

**Уфа – 2016**

Работа выполнена в ФГБОУ ВО  
«Уфимский государственный авиационный технический университет»  
на кафедре автоматизированных систем управления

Научный руководитель: д-р техн. наук, заведующий кафедрой АСУ  
**АНТОНОВ Вячеслав Викторович**  
ФГБОУ ВО «Уфимский государственный  
авиационный технический университет»

Официальные оппоненты: д-р физ.-матем. наук, профессор  
**БЕЛЬТЮКОВ Анатолий Петрович**  
ФГБОУ ВО «Удмуртский государственный  
университет», заведующий кафедрой  
теоретических основ информатики

д-р физ.-матем. наук, профессор  
**МАЛИКОВ Рамиль Фарукович**  
ФГБОУ ВО «Башкирский государственный  
педагогический университет им. М. Акмуллы»,  
заведующий лабораторией Системного анализа и  
моделирования сложных систем

Ведущая организация: ФГБОУ ВО «Башкирский государственный  
университет», г. Уфа

Защита диссертации состоится 07 октября 2016 г. в 12<sup>00</sup> часов на заседании диссертационного совета Д 212.288.07 на базе ФГБОУ ВО «Уфимский государственный авиационный технический университет» по адресу: 450008, г. Уфа, ул. К Маркса, 12.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВО «Уфимский государственный авиационный технический университет» и на сайте [www.ugatu.su](http://www.ugatu.su).

Автореферат разослан «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2016 года.

Ученый секретарь  
диссертационного совета,  
доктор технических наук, доцент



И.Л. Виноградова

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность темы исследования.** В настоящее время при проектировании программных систем широко используется математическое и программное обеспечение, позволяющее формировать информационное взаимодействие объектов между вузом и предприятием, образующих образовательно-производственную среду (ОПС) для организации взаимодействия программ, программных комплексов и систем с учетом выполнения условий идентификации и прослеживаемости. Однако для обработки множества разнородных данных и метаданных в программных системах ОПС требуется формализация и структурирование образующегося контента, учитывая при этом предметно-ориентированную направленность.

Большинство предметно-ориентированных программных систем настроено на применение web-портальных и кроссплатформенных технологий, позволяющих совмещать различные сервисы, в том числе в форме гетерогенного хранилища данных ОПС. Ряд web-портальных и кроссплатформенных технологий пополняются системами электронного обучения (СЭО), такими как Прометей, Educon, Mirapolis, AcademicNT, Sakai, MyWebCT, Moodle основанными на технологии web 2.0, системами управления проектами в соответствии со стандартом PMBoK (Microsoft Project, PM Expert, Битрикс, Projects Manager, 1С «Проектный офис», Teamcenter PLM «Управления проектами» и др.), системами автоматизации управления бизнес-процессами социальной BPM-лаборатории включающую программное обеспечение Horus (Карлсруэ, Германия), а также системами электронного документооборота (WSS Docs, Дело, Евфрат, Lotus Notes). Такие web-портальные и кроссплатформенные технологии в большинстве представляют предметно-ориентированные информационно-управляющие системы (ИУС) и часто в организациях используются автономно, а не комплексно, при этом, не выполняя обработку разнородных данных и метаданных из условий идентификации и прослеживаемости информационных объектов.

Таким образом, актуальной проблемой становится исследование процессов унификации информации в программах, программных комплексах и системах при проектировании предметно-ориентированной ИУС в соответствии международным стандартам ISO/IEC 15288 «Системная инженерия» и ISO 9001 «Система менеджмента качества», т. е. возникает вопрос разработки новых моделей и методов проектирования предметно-ориентированной ИУС на примере программного обеспечения ОПС, с применением системных моделей.

**Степень разработанности темы.** В своей работе автор опирается на труды отечественных и зарубежных ученых: в области математического и программного обеспечения моделей интеграционных процессов разнородных данных, системного проектирования и разработки информационно-управляющих систем – А. В. Речкалова, Г. Г. Куликова, А. П. Бельтюкова и др.; в области информационных моделей данных – Н. И. Юсуповой, О. Н. Сметаниной, В. В. Миронова; в области управления и теории систем и системного анализа, распределенной обработки данных, а также управления процессами в открытом информационно-образовательном пространстве высших учебных заведений – А. Обервайза, Ю. Ф. Тельнова, Н. В. Тихомировой, Д. Ш. Султановой, М. Б. Гузаирова и др.; в области моделей передачи данных – А. Х. Султанова; в области менеджмента качества – У. Э. Деминга, У. Л. Шухарта, Б. Смита и др.; в области информационного и программного обеспечения поддержки жизненного цикла (ЖЦ) сложных систем – И. А. Кривошеева, А. И. Левина, Е. В. Судова, И. П. Норенкова и др.; в области менеджмента качества, моделирования и программной реализации бизнес-процессов – М. Хаммера, Дж. Чампи, Д. Росса,

Г. Н. Калянова и др., в области построения и применения нечетких моделей, систем и их программной реализации Л. Заде и др.

Проведенным анализом, в рамках проектирования предметно-ориентированной ИУС, на примере вуза и предприятия, установлено, что для обработки разнородных данных и метаданных, необходимо учитывать специфические особенности программного обеспечения ОПС, которые в недостаточной степени изучены и требуют исследований, направленных на разработку метода, методики, моделей формализации структуры контента программного обеспечения из условий идентификации и прослеживаемости.

**Объектом** исследования является математическое и программное обеспечение для проектирования предметно-ориентированной ИУС рассматриваемой предметной области.

**Предметом** исследования являются предметно-ориентированные языки и методы системной инженерии, математического и программного обеспечения и средства их реализации для проектирования предметно-ориентированной ИУС.

**Цель и задачи исследования.** Целью работы является повышение эффективности обработки, передачи и интеграции разнородных данных и метаданных в предметно-ориентированной ИУС исходя из условий идентификации и прослеживаемости на основе разработки математического и программного обеспечения ОПС. Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие **задачи**:

1. Провести анализ существующих подходов и методов формирования структуры программного обеспечения предметно-ориентированной ИУС рассматриваемой предметной области (соответствует п. 1 паспорта специальности).

2. Разработать метод формирования структуры программного обеспечения информационной среды на основе контента предметно-ориентированной ИУС для организации взаимодействия программ, программных комплексов и систем рассматриваемой предметной области (соответствует п. 1 и 3 паспорта специальности).

3. Разработать методику формирования математического и программного обеспечения для организации взаимодействия программ, программных комплексов и систем в предметно-ориентированной ИУС рассматриваемой предметной области (соответствует п. 1 паспорта специальности).

4. Разработать комплексную модель программного обеспечения информационной среды предметно-ориентированной ИУС для организации взаимодействия программ, программных комплексов и систем рассматриваемой предметной области (соответствует п. 3 паспорта специальности).

5. Разработать структуру программного обеспечения для реализации референтной модели организации взаимодействия программ, программных комплексов и систем в предметно-ориентированной ИУС рассматриваемой предметной области (соответствует п. 3 паспорта специальности) (на примере взаимодействия филиала ФГБОУ ВО «Уфимский государственный авиационный технический университет» в г. Кумертау и АО «Кумертауское авиационное производственное предприятие»).

#### **Научная новизна:**

1. Разработан метод формирования структуры программного обеспечения информационной среды на основе контента предметно-ориентированной ИУС, *отличительной особенностью* которого является применение теории категорий и теории множеств в качестве формального аппарата описания информационных

объектов для моделирования ОПС и организации взаимодействия программ, программных комплексов и систем рассматриваемой предметной области.

2. Разработана методика формирования математического и программного обеспечения для организации взаимодействия программ, программных комплексов и систем в предметно-ориентированной ИУС рассматриваемой предметной области, *новизна* которого заключается в том, что выделяются вертикальные и горизонтальные процессы, взаимодействие между которыми осуществляется за счет выделения параметров интеграции в явной форме, что позволяет формализовать и структурировать контент.

3. Разработана комплексная модель программного обеспечения информационной среды предметно-ориентированной ИУС для организации взаимодействия программ, программных комплексов и систем рассматриваемой предметной области, *новизна* которой заключается в том, что учитываются и прослеживаются основные параметры ЖЦ бизнес-процессов. Это позволяет идентифицировать и прослеживать, а также рационально во времени согласовывать взаимосвязанные процессы, которые необходимо контролировать.

4. Предложена структура программного обеспечения для реализации референтной модели организации взаимодействия программ и программных систем в предметно-ориентированной ИУС рассматриваемой предметной области (на примере взаимодействия филиала ФГБОУ ВО «Уфимский государственный авиационный технический университет» в г. Кумертау и АО «Кумертауское авиационное производственное предприятие»), *новизна* которой обусловлена реализацией предложенных метода, методики и комплексной модели, что позволяет проектировать предметно-ориентированную систему из условий идентификации и прослеживаемости.

Научная новизна результатов исследований в целом обуславливается научно-обоснованной адаптацией известных подходов и методов в двух рассматриваемых областях (вуза и предприятия) для разработки предметно-ориентированной ИУС.

Результаты могут быть квалифицированы как *решение актуальной задачи* повышения эффективности обработки, передачи и интеграции разнородных данных и метаданных объектов в предметно-ориентированной ИУС *новым, более эффективным способом* за счет формализации и структурирования контента на основе программного обеспечения для организации взаимодействия программ, программных комплексов и систем в рассматриваемой предметной области образующейся информационной среде.

Основные положения, выносимые на защиту соответствуют международным стандартам системной инженерии и системы менеджмента качества.

**Теоретическая и практическая ценность.** Теоретическая значимость диссертационного исследования заключается в:

1. Разработанном методе формирования структуры программного обеспечения информационной среды на основе контента предметно-ориентированной ИУС для моделирования ОПС и организации взаимодействия программ, программных комплексов и систем рассматриваемой предметной области на основе положений теории множеств, теории категорий, методов нечеткой логики, стандартов системной инженерии и системы менеджмента качества, позволяющих выявить информационные потоки, связи между процессами для обеспечения идентификации и прослеживаемости объектов.

2. Разработанной методике формирования математического и программного обеспечения для организации взаимодействия программ, программных комплексов и систем в предметно-ориентированной ИУС рассматриваемой предметной области, с выделением вертикальных и горизонтальных процессов,

что позволяет формализовать и структурировать контент в динамике из условий идентификации и прослеживаемости.

3. Разработанной комплексной модели программного обеспечения информационной среды предметно-ориентированной ИУС для организации взаимодействия программ, программных комплексов и систем рассматриваемой предметной области, в основе которой лежит теоретико-множественное представление ЖЦ системы, что обеспечивает возможность систематизации информационных процессов.

4. Разработанной структуре программного обеспечения для реализации референтной модели предметно-ориентированной ИУС рассматриваемой предметной области на примере филиала ФГБОУ ВО «Уфимский государственный авиационный технический университет» в г. Кумертау и АО «Кумертауское авиационное производственное предприятие» на основе предложенных метода, методики и комплексной модели, применение которых позволит повысить организованность взаимодействия участников в информационной среде за счет распределенной обработки данных.

Практическая значимость заключается в том, что разработанные метод, методика и модели позволяют в 1,5–2 раза повысить эффективность обработки, передачи и интеграции разнородных данных и метаданных предметно-ориентированной ИУС рассматриваемой предметной области за счет доступности структурированного контента.

Разработаны типовые модели интеграционных процессов для обработки разнородных данных ОПС, которые могут быть использованы в виде интерактивных инструкций.

Результаты работы внедрены в учебный процесс кафедры автоматизированных систем управления ФГБОУ ВО «Уфимский государственный авиационный технический университет», в учебный процесс кафедр филиала ФГБОУ ВО «Уфимский государственный авиационный технический университет» в г. Кумертау и базовой кафедры конструкторско-технологического обеспечения, в учебный и производственный процесс АО «Кумертауское авиационное производственное предприятие», что подтверждено актами внедрения и свидетельствами о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2015613509, № 2016612322.

**Методология и методы исследования.** Поставленные в диссертационном исследовании задачи разработки математического и программного обеспечения интеграционных процессов разнородных данных предметно-ориентированной ИУС, из условий идентификации и прослеживаемости, объектов были использованы базовые положения методологии теории систем и системного анализа, системного моделирования, метод непрерывного улучшения качества бизнес-процессов, математический аппарат теории нечетких множеств, теории категорий. В качестве средства моделирования были применены методологии SADT (включая IDEF0, IDEF3 и IDEF1X), BPMS, BPMN и др.

Для обработки разнородных данных и метаданных предметно-ориентированной ИУС были использованы методы объектно-ориентированного и системного программирования на основе клиент-серверной архитектуры.

#### **Положения, выносимые на защиту**

1. Метод формирования структуры программного обеспечения информационной среды на основе контента предметно-ориентированной ИУС для организации взаимодействия программ, программных комплексов и систем рассматриваемой предметной области.

2. Методика формирования математического и программного обеспечения для организации взаимодействия программ, программных комплексов и систем в предметно-ориентированной ИУС рассматриваемой предметной области.

3. Комплексная модель программного обеспечения информационной среды предметно-ориентированной ИУС для организации взаимодействия программ, программных комплексов и систем рассматриваемой предметной области.

4. Структура программного обеспечения для реализации референтной модели предметно-ориентированной ИУС рассматриваемой предметной области (на примере взаимодействия филиала ФГБОУ ВО «Уфимский государственный авиационный технический университет» в г. Кумертау и АО «Кумертауское авиационное производственное предприятие»).

**Степень достоверности и апробация результатов.** Достоверность полученных результатов и выводов в диссертационной работе подтверждается корректным использованием теории систем и системного анализа, теории организационного управления, математического аппарата теории нечетких множеств, средств моделирования методологии SADT, BPMS, BPMN, а также методов объектно-ориентированного и системного программирования на основе клиент-серверной архитектуры.

Основные научные и практические результаты диссертационной работы были представлены на заседаниях кафедры АСУ и обсуждались на следующих конференциях, семинарах и конкурсах: IV Всероссийской зимней школе-семинаре аспирантов и молодых ученых (с международным участием) «Информатика, управление и компьютерные науки» (г. Уфа, 2009 г.), Международной научно-практической конференции «Современные тенденции в образовании и науке» (г. Тамбов, 2013 г.), IX Всероссийском конкурсе деловых, инновационно-технических идей и проектов «Проекты и идеи, направленные на сопряженное развитие науки, инноваций и производства» МСЭФ (г. Москва, 2013 г.), II Международной конференции «Интеллектуальные технологии обработки информации и управления» ИПИМ (г. Уфа, 2014г.), XV Международной научно-технической конференции «Проблемы информатики в образовании, управлении, экономике и технике» (г. Пенза, 2015г.), Международной конференции «Технологии цифровой обработки и хранения информации» (г. Уфа, 2015 г.), Международной конференции «Информационные технологии для интеллектуальной поддержки принятия решений» (Уфа, 2016 г.), Международной научно-практической конференции «Инновационные технологии и техника» (Пенза, 2016 г.).

Результаты получены в рамках исследований программного обеспечения для многоуровневого структурирования контента информационной среды, проводимых на кафедре автоматизированных систем управления УГАТУ при поддержке РФФИ (грант № 16-37-00064).

**Публикации.** Основные результаты диссертационного исследования опубликованы в 15 источниках, в том числе 3 статьи – в научных изданиях из списка ВАК, в коллективной монографии (изд-во «Наука: информ» г. Москва, г. Воронеж), 9 работ – в материалах и трудах конференций и 2 свидетельств о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2015613509 и № 2016612322.

За работу по теме диссертационного исследования автор удостоена Диплома Всероссийского конкурса деловых, инновационно-технических идей и проектов «Проекты и идеи, направленных на сопряжение науки, инноваций и производства» за 2013 год, проводимого Молодежным союзом экономистов и финансистов Российской Федерации.

**Личный вклад автора.** Постановка основных задач принадлежит научному руководителю. Самостоятельно были разработаны: метод формирования структуры программного обеспечения информационной среды на основе контента предметно-ориентированной ИУС, методика формирования математического и программного обеспечения, комплексная модель программного обеспечения информационной среды предметно-ориентированной ИУС, структура программного обеспечения для реализации референтной модели предметно-ориентированной ИУС рассматриваемой предметной области (на примере взаимодействия филиала ФГБОУ ВО «Уфимский государственный авиационный технический университет» в г. Кумертау (далее филиал) и АО «Кумертауское авиационное производственное предприятие» (далее АО КумАПП)). В работах, опубликованных в соавторстве, совместно с научным руководителем или другими членами научного коллектива и приведенных в конце автореферата, личный вклад автора составляет: в работе [1] автором разработана модель ЖЦ системы проекта «Формирование интеграционных процессов разнородных данных и метаданных ОПС», проведен анализ возможности организации взаимодействия программ, программных комплексов и систем в рассматриваемой предметной области; в работе [2] автором разработан метод формирования структуры программного обеспечения информационной среды на основе контента предметно-ориентированной ИУС рассматриваемой предметной области; в [3] автору принадлежит доработка семантической модели совершенствования учебного процесса с учетом внешнего контура качества, разработка методики формирования математического и программного обеспечения рассматриваемой предметной области; в работе [4] автор разработал модель взаимодействия в ОПС для подготовки обучающихся, в работах [5, 6] автором разработаны подсистемы web-портала филиала; в работе [8] автором построена логическая схема построения ЕИП с внешним каналом связи для соединения сетей филиала и АО КумАПП; в работе [9] автором сделан обзор ВРМ-систем, построены процессная архитектура подготовки обучающихся вузом с предприятием–работодателем; в работе [10] автором построена матрица распределения полномочий, описана модель Захмана; в работе [11] автором приведен обзор систем по технологии web 2.0; в работе [12] автором построена семантическую модель совершенствования учебного процесса с учетом внешнего контура качества; в работе [14] автором получены экспериментальные данные и приведены результаты имитационного моделирования эффективности применения предложенных научных и практических результатов рассматриваемой предметной области.

Опубликованные работы полностью отражают основное содержание диссертационной работы. Все основные положения и результаты, выносимые на защиту, отражены в публикациях автора: по главе 1 – [1, 4, 11]; по главе 2 – [2]; по главе 3 – [1, 3, 4, 9, 10, 12]; по главе 4 – [8, 5, 6, 7, 11, 13, 14, 15].

**Структура и объем диссертации.** Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения, приложения и списка литературы. Работа изложена на 163 страницах машинописного текста. Список литературы включает 144 наименования.

**Благодарности.** Автор выражает благодарность доктору технических наук, профессору Г.Г. Куликову, а также кандидату технических наук М. А. Шилиной за консультации и ценные советы при работе над диссертацией.

## **ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

**Во введении** обосновывается актуальность темы исследования, формулируются цель работы и решаемые задачи, научная новизна и практическая



ценность выносимых на защиту результатов.

**В первой главе** проведен анализ существующих подходов и методов формирования структуры программного обеспечения предметно-ориентированной ИУС рассматриваемой предметной области. На примере вуза и предприятия показано, что интеграционные процессы разнородных данных и метаданных в предметно-ориентированной ИУС могут осуществляться за счет совмещения программного обеспечения используемого в производственной деятельности предприятия, а также в образовательной деятельности вуза. Рассматривается проблематика разработки новых средств программного обеспечения интеграционных процессов разнородных данных для организации взаимодействия программ, программных комплексов и систем рассматриваемой предметной области с применением системных моделей. Обосновывается выбор средств на основе web-портальных и кроссплатформенных технологий, необходимых для проектирования предметно-ориентированной ИУС.

В заключение формулируются цель исследования и задачи, решаемые для достижения поставленной цели.

**Во второй главе** рассматривается разработка метода формирования структуры программного обеспечения информационной среды на основе контента предметно-ориентированной ИУС для организации взаимодействия программ, программных комплексов и систем рассматриваемой предметной области.

В рассматриваемой предметной области на примере вуза и предприятия, можно выделить:

$A$  – множество моделей бизнес-процессов объекта вуз;  $B$  – множество моделей бизнес-процессов объекта предприятие;  $C = A \cap B \neq \emptyset$ , где  $C$  – это множество моделей бизнес-процессов объекта координационный центр (КЦ), образующихся при взаимодействии объектов  $A$  и  $B$ .

В рамках диссертационного исследования под информационным объектом (ИО) понимается описание некоторой сущности реального объекта и его процессов в виде совокупности логически связанных информационных элементов, а также их взаимодействия, пересечения, объединения и т.д.

Так, первоначально бизнес-процессы множества объектов  $A, B$  нецелесообразно описывать целиком, так как цель формализации разрабатываемого метода – структурирование действий процесса совместной подготовки обучающихся по требованиям CALS и проектного управления, поэтому далее рассматриваем и формализуем их взаимодействие в виде интеграционных процессов.

В соответствии с требованиями стандарта ISO/IEC 15288 «системная инженерия» наиболее важным процессом во взаимодействии двух объектов (вуза и предприятия), образующем третий – координационный центр (КЦ), является процесс соглашения. Процесс соглашения можно обозначить  $PS$ . В процессе соглашения участвуют лица, принимающие решение (ЛПР) – участники КЦ. У каждого ЛПР существует своя роль. Независимо от того, являются ли ЛПР пользователями или операторами, они представляют собой сложные агенты системы, поведение которых зачастую трудно предсказать. Для описания процессов соглашения в работе используется методология структурного анализа и проектирования SADT.

Взаимодействие между двумя бизнес-процессами вуза и предприятия образуют совместный бизнес-процесс. В нотации IDEF0 данный процесс  $A_1$  можно представить в виде функциональной схемы (рисунок 1).

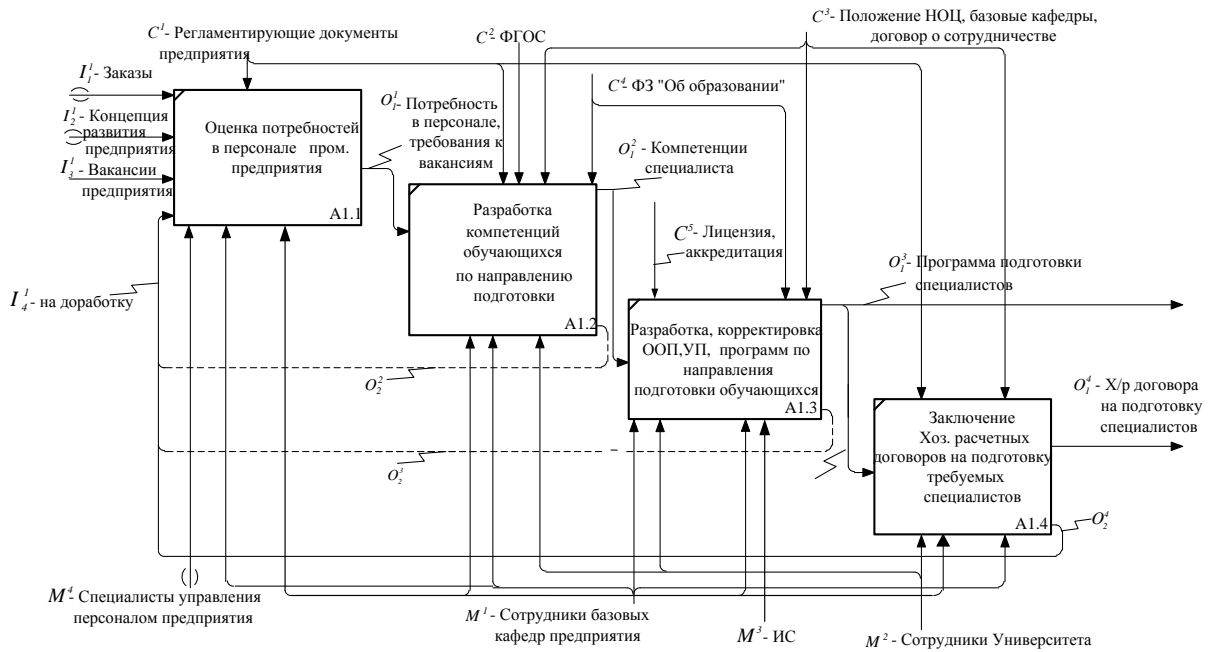


Рисунок 1—Декомпозиция функциональной модели процесса «Провести мероприятия по удовлетворению потребностей предприятия в специалистах»

$$A_1 = \{A_{1.1}, \dots, A_{1.4}\},$$

где  $A_1$  – функция вербального описания процесса «Мероприятия по удовлетворению потребностей предприятия в специалистах»,  $A_{1.1}, \dots, A_{1.4}$  – множество подпроцессов.

$$A_{1.1} = (I_1^1, I_2^1, I_3^1, I_4^1, O_1^1, C^1, M^1, M^3, M^4), \quad I_4^1 = (O_2^2, O_2^3, O_2^4),$$

где  $C$  – множество управляющих воздействий,  $M$  – множество участников КЦ.

$$A_{1.2} = (O_1^1, O_1^2, O_2^2, C^1, C^2, C^3, C^4, M^1, M^2, M^3),$$

$$A_{1.3} = (O_1^2, O_1^3, O_2^3, C^3, C^4, C^5, M^1, M^2, M^3), \quad A_{1.4} = (O_1^3, O_1^4, O_2^4, C^1, C^3, M^1, M^2, M^3).$$

Процесс  $A_{1.2}$  «Разработка компетенций обучающихся по направлению подготовки» можно представить в виде сценария в нотации IDEF3 (рисунок 2).

Сотрудники вуза и базовых кафедр, отвечающие за подготовку обучающихся, должны постоянно анализировать и оценивать спрос на актуальные направления подготовки обучающихся в виде потребностей –  $f_1$ . Совместно с сотрудниками предприятия сотрудниками базовых кафедр в соответствии с требованиями к квалификации персонала предприятия разрабатываются компетенции по направлениям подготовки  $f_3^1, f_3^2, f_3^3$  и согласовываются  $f_4$ .

Рассмотрим теоретико-множественную модель «разработка компетенций обучающихся по направлению подготовки» и обозначим её  $F_2(x_2)$ , где  $x_2$  – вектор характеристик квалификации направления подготовки,  $x_2 = \{x_2^1, x_2^2, \dots, x_2^m\} = \{x_2^i : i = 1, \dots, m\}$ ,  $i$  – порядковый номер направления подготовки,  $m$  – количество направлений подготовки.

$$F_2(x_2) = f_1 \circ f_2 \circ J_5(f_2, f_3(f_3^1, f_3^2, f_3^3)) \circ J_6(f_3(f_3^1, f_3^2, f_3^3), f_4) \circ f_4,$$

где  $\circ$  – операция взаимодействия.

Подробнее можно записать как:

$$F_2(x_2) = f_1(x_2) \circ f_2(x_2) \circ J_5(f_2(x_2), f_3(f_3^1(x_2), f_3^2(x_2), f_3^3(x_2)))) \circ$$

$$\circ J_6(f_3(x_2)(f_3^1(x_2), f_3^2(x_2), f_3^3(x_2)), f_4(x_2)) \circ f_4(x_2)$$

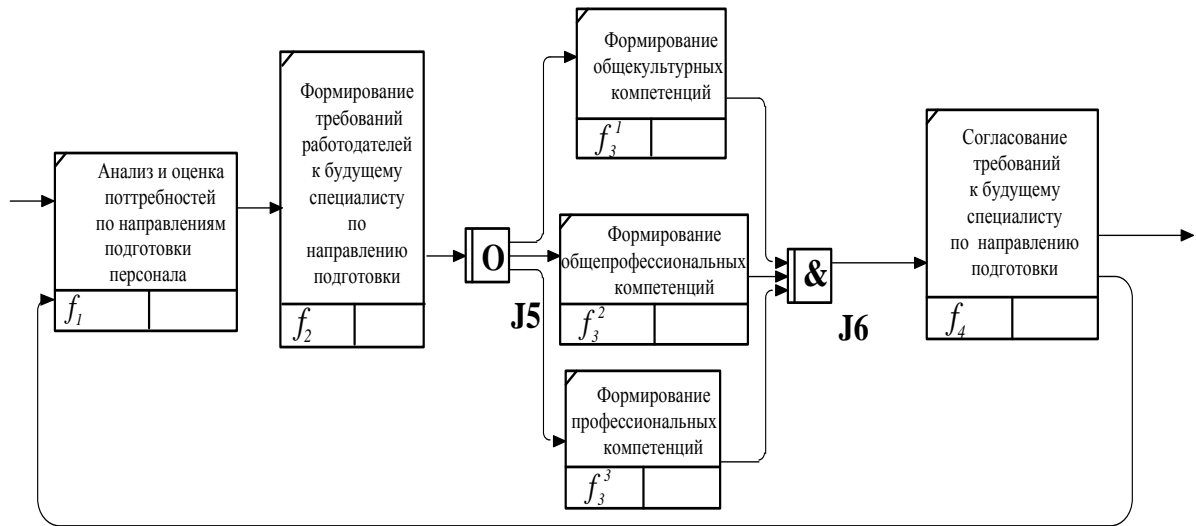


Рисунок 2—Сценарий «Разработка компетенций обучающихся по направлению подготовки» в нотации IDEF3

Формирование требований работодателей к будущему бакалавру, специалисту по направлениям подготовки можно представить в виде:

$$f'_3 = (f_1 \cap f_2) \cap (f_3^1 \circ f_3^2 \circ f_3^3). \quad (1)$$

Выделим в каждой части множеств идентификационные ( $a_1$ ) и неформализованные ( $a_3$ ) атрибуты, для этого введем обозначения:

$$f_1 = \langle f_1 a_1, f_1 a_3 \rangle, f_2 = \langle f_2 a_1, f_2 a_3 \rangle, f_3^1 = \langle f_3^1 a_1, f_3^1 a_3 \rangle, f_3^2 = \langle f_3^2 a_1, f_3^2 a_3 \rangle, f_3^3 = \langle f_3^3 a_1, f_3^3 a_3 \rangle.$$

Подставим полученные значения в формулу (1) и получим:

$$f'_3 = \left( \langle f_1 a_1, f_1 a_3 \rangle \cap \langle f_2 a_1, f_2 a_3 \rangle \right) \cap \left( \begin{array}{l} \langle f_3^1 a_1, f_3^1 a_3 \rangle \circ \langle f_3^2 a_1, f_3^2 a_3 \rangle \\ \circ \langle f_3^3 a_1, f_3^3 a_3 \rangle \end{array} \right),$$

где  $f'_1 a_1$  – общая часть  $f_1 a_1$  и  $f_2 a_1$  – представляет собой требования работодателей к обучающимся по направлению подготовки.

$f'_1 a_3 = \emptyset$ , так как операция композиции в данном случае есть операция пересечения, то результат для не формализованных атрибутов =  $\emptyset$ .

$f_3 a_1$  – сумма  $f_3^1 a_1$ ,  $f_3^2 a_1$  и  $f_3^3 a_1$  – представляет собой формирование компетенций к обучающимся по направлению подготовки.

$f_3 a_3 = \emptyset$ , так как операция композиции в данном случае есть операция пересечения, то результат для не формализованных атрибутов =  $\emptyset$ .

Подставим значения и получим:  $f'_3 = \langle f'_1 a_1 \cap f_3 a_1, \emptyset \rangle$ .

Таким образом, формируются компетенции обучающихся по направлению подготовки на основе анализа и оценки потребностей работодателей в специалистах, сформированные компетенции принимают значения {«сформированы», «не сформированы»}. Аналогичным образом описываются другие процессы. Формализованные идентификационные атрибуты (кодовое число, кодовое слово) используют общий словарь для построения структуры программного обеспечения в форме реализации референтной модели предметно-ориентированной ИУС.

Метод формирования структуры программного обеспечения информационной среды на основе контента предметно-ориентированной ИУС для организации взаимодействия программ, программных комплексов и систем рассматриваемой предметной области, на примере интеграционных процессов разнородных данных и метаданных вуза и предприятия можно представить в виде последовательности действий:

1. определения основных интеграционных процессов разнородных данных и метаданных, с учетом особенности вуза и предприятия;
2. разработки модели интеграционных бизнес-процессов разнородных данных и метаданных подготовки обучающихся, позволяющей определить, как взаимодействует вуз и предприятие, формализуются их бизнес-процессы;
3. разработки моделей процессов ЖЦ системы подготовки обучающихся в виде сценариев;
4. моделирования стадий ЖЦ процессов подготовки обучающихся с применением разработанных моделей для построения общего словаря и выявления знаний в форме логических правил.

Все эти действия нацелены на решение задачи формирования структуры программного обеспечения информационной среды и служат для дальнейшей организации взаимодействия программ, программных комплексов и систем, а также для построения структуры программного обеспечения в форме реализации референтной модели ОПС. Кроме того, предложенный метод позволяет оперативно оценить необходимость изменения структуры ОПС, детальная проработка этого вопроса рассмотрена в следующей главе.

**В третьей главе** рассматривается методика формирования математического и программного обеспечения и разработка комплексной модели программного обеспечения информационной среды предметно-ориентированной ИУС для организации взаимодействия программ, программных комплексов и систем в рассматриваемой предметной области. Для формализации интеграционных процессов разнородных данных и метаданных, при этом определения правил взаимодействия бизнес-процессов и информационных ресурсов в информационной среде требуется наличие формальной модели совершенствования учебного процесса и определение структуры предметно-ориентированной ИУС. Формальная модель разработана на основе теории множеств.

Введем следующие обозначения:

Введем следующие обозначения:  $\Phi(St)$  – функция, характеризующая уровень знаний, умений и владений обучаемого  $St$ ;  $R$  – множество целей учебного процесса, зафиксированных в соответствующих регламентирующих документах (ООП, учебных планах, программах практик и итоговой аттестации, рабочих программах и др.):  $R = \{r_1, \dots, r_d\}$ ;  $Z(R)$  – функция получения регламентирующей документации (учебных планов, программ практик, рабочих программ дисциплин, фондов оценочных средств (ФОС) и др.) на основе множества целей;  $Y(R)$  – функция стандартизации полученного опыта, на основе которого может быть сформировано множество уточненных целей;  $F = \{f_1, \dots, f_{i_1}\} \in Q$  – функция, описывающая требования к уровню знаний, умений, владений у обучаемых со стороны государства;  $\Psi = \{\psi_1, \dots, \psi_{i_2}\} \in M$  – функция, описывающая требования к уровню обучаемых со стороны предприятий-работодателей;  $H = \{h_1, \dots, h_{i_3}\} \in M$  – функция, описывающая требования учебного управления вуза к уровню обучаемых направления подготовки;  $M$  – множество требований работодателей к специалисту;  $Q$  – множество (совокупность) знаний, умений,

владений, удовлетворяющих требованиям государства, т. е. эталонная модель обучаемого.

Из множества требований работодателей к специалисту  $M$  можем выделить подмножество  $V = \{V_1, \dots, V_m\}$ , которое используется в основных критериях оценок и не противоречит вышестоящим функциям.

Из множества требований работодателей к специалисту можем выделить подмножество  $V = \{V_1, \dots, V_m\}$ , которое используется в основных критериях оценок и удовлетворяет непротиворечивости вышестоящим функциям.

Аналогично, из множества  $Q$  можем также выделить подмножество  $X = \{X_1, \dots, X_n\}$ , которое используется в основных критериях оценок учебным управлением университета, и подмножество  $L = \{L_1, \dots, L_k\}$ , которое используется в основных критериях оценок органами в сфере образования РФ. Можем ввести следующие обозначения:  $GC_u(X)$  – подмножество критериев оценки качества знаний, умений, владений на стадиях ЖЦ подготовки обучаемого с точки зрения учебного управления университета;  $GC_r(V)$  – подмножество критериев оценки качества знаний, умений, владений на стадиях ЖЦ подготовки обучаемого с точки зрения предприятия-работодателя;  $GC_{ra}(L)$  – подмножество критериев оценки качества знаний, умений, владений на стадиях ЖЦ подготовки обучаемого с точки зрения органов в сфере образования РФ (Министерство образования и науки РФ, Росаккредагентство, др.).

В процессе обучения имеющиеся у объекта  $St$  знания, умения и владения пополняются новыми значениями  $\Phi'(St)$ , которые определены функцией целей учебного процесса  $Z(R)$ . Речь идет о некотором полилинейном отображении  $f: \Phi(St) \times Z(R) \rightarrow \Phi'(St)$ , которое может быть рассмотрено в виде объектов некоторой категории. То есть если  $f: \Phi(St) \times Z(R) \rightarrow \Phi'_1(St)$  и  $g: \Phi(St) \times Z(R) \rightarrow \Phi'_2(St)$ , то морфизм  $f \rightarrow g$  может быть определен, как гомоморфизм  $h: \Phi'_1(St) \rightarrow \Phi'_2(St)$ , для которого

коммукативна диаграмма: 
$$\begin{array}{ccc} & \begin{array}{c} r \square \Phi'_1(St) \\ \downarrow h \\ g \square \Phi'_2(St) \end{array} & \\ \Phi(St) \times Z(R) & \xrightarrow{f} & \Phi'_1(St) \\ & \downarrow h & \\ & \Phi'_2(St) & \end{array}$$
 универсальный объект этой диаграммы есть тензорное произведение  $\Phi(St)$  и  $Z(R)$ .

То есть имеет вид:  $\Phi'(St) = \Phi(St) \otimes Z(R)$ ,

где знак  $\otimes$  – тензорное произведение, которое отражает взаимодействие элементов множеств по какому-либо правилу.

Значение величины  $\Phi'(St)$  определяется по результатам текущей, промежуточной, итоговой аттестации. Проверка критерия  $\Phi(St) \geq F$  осуществляется, например, в форме федерального интернет-экзамена в сфере профессионального образования, федерального интернет-экзамена для выпускников и иных формах независимой проверки качества подготовки обучающихся на соответствие знаний требованиям Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО).

Учебное управление вуза в соответствии с требованиями предприятия (работодателей) к уровню знаний, умений, владений обучаемых вводит изменения в основную образовательную программу, нагрузку по дисциплинам и др.

Обозначим через  $Y$  функцию, характеризующую результат учебного процесса, которая формируется на основании системы критериев:

$$\begin{cases} \Phi(St) \geq \Psi \\ \Phi(St) \geq F \end{cases}$$

В результате формируется множество  $Y'(R) = \Phi(St)$ , на основе которого может быть сформировано множество уточненных целей  $R'$ , представленных формулой  $R' = R \otimes Y(R)$ .

Учитывая приведенные рассуждения, формирование новых регламентирующих документов может быть представлено формулой  $Z(R)=Z(R)\otimes R'$ .

Изменения, поступающие с внешнего контура качества, например, изменение конкурентной среды предприятия-работодателя, изменение документов, регламентирующих процесс государственной аккредитации, отражаются на характеристиках учебного процесса: корректируются и совершенствуются учебные планы, рабочие программы, нормативно-распорядительные документы вуза и т.п. Между объектами выбранных подмножеств критериев каждого ведомства ( $GC_u$ ,  $GC_r$ ,  $GC_{ra}$ ) могут быть установлены соответствия, реализующие сопоставление (отображение) критерия определенному критерию другого ведомства. Т.е. существуют  $X_i$ ,  $V_j$ ,  $L_e$  при которых эти значения либо равны  $GC_u(X_i)=GC_r(V_j)=GC_{ra}(L_e)$ , где  $i\in[1,n]$ ,  $j\in[1,m]$ ,  $e\in[1,k]$ , либо существуют их отображения между собой. Данные подмножества образуют категории, для каждой пары объектов которых задано множество морфизмов. Причем выполняются аксиомы теории категорий (операция композиции ассоциативна и тождественный морфизм действует тривиально). Связь между объектами категорий реализуют отображения, сохраняющие структуру – функторы. Объектами в этой категории являются множества, морфизмами – отображения множеств. Можно сделать следующий вывод: приведенное подмножество критериев оценки образует класс объектов. Для любых двух объектов из данного класса (обозначим  $GC_u(X_1)$  и  $GC_u(X_2)$ ) установлено множество морфизмов  $Hom(GC_u(X_1),GC_u(X_2))$ , для которых определена их композиция, например,

$$g_{GC_u} \in Hom(GC_u(X_1),GC_u(X_2)), f_{GC_u} \in Hom(GC_u(X_2),GC_u(X_3)), \\ g_{GC_u} \circ f_{GC_u} \in Hom(GC_u(X_1),GC_u(X_3)).$$

При этом операция композиции ассоциативна и тождественный морфизм действует тривиально, т. е. подмножество критериев оценки на стадиях ЖЦ учебного управления университета образуют категорию множеств. Проводя аналогичные рассуждения для  $GC_r(V)$  и  $GC_{ra}(L)$ , приходим к тем же результатам. Отсюда в качестве объектов учета можем принять множество характеристик обучающихся –  $Stq$ , определив им в качестве параметров подмножества  $X$ ,  $V$  и  $L$ , по значениям которых может определяться степень соответствия приведенным выше критериям т. е.  $Stq=\langle X,V,L\rangle$ .

Взаимодействие внешнего контура качества для значения величин, с учебным процессом представимо диаграммой, где представлены объекты внешнего контура качества в виде многомерных матриц приведенных выше критериев: для предприятий-работодателей –  $GC_r(V)$ , органов в сфере образования РФ –  $GC_{ra}(L)$ , учебного управления университета –  $GC_u(X)$ . В результате внешний контур качества образует вертикальные связи в виде совокупности взаимосвязанных задач, направленных на достижение критериев описанных выше, т.е. бизнес-процессов, при выполнении следующих условий (возможности совместимости ведомственных критериев):

$$GC_u(Stq)GC_{ra}(Stq)^t \neq \emptyset, \quad GC_u(Stq)GC_r(Stq) \neq \emptyset.$$

Учитывая наличие рекуррентных соотношений внутри модели совершенствования учебного процесса и наличие описанной выше связи между объектами категорий, реализующих отображения, с сохранением структур (функторов), представляется возможным для совмещенного процесса применить принцип организации цикла Деминга, а также детализировать в виде процессных моделей в нотации BPMN, которые в дальнейшем реализуются в виде интерактивных сценариев в автоматизированных web-портальных приложениях и

позволяют непрерывно обрабатывать, анализировать разнородные данные и совершенствовать учебный процесс в ОПС. Построена схема алгоритма совершенствования учебного процесса с учетом требований внешнего контура качества.

Таким образом, методика формирования математического и программного обеспечения для организации взаимодействия программ, программных комплексов и систем в ОПС, включает семантическую модель совершенствования учебного процесса с учетом внешнего контура качества. Учет семантики взаимодействия объектов в ОПС, а также динамики изменения их характеристик в течение ЖЦ систем позволяет сформировать единое гетерогенное хранилище данных для систематизации процессов сбора и обработки разнородных данных и метаданных исходя из условий идентификации и прослеживаемости об учебном процессе, облегчить поиск и увеличить скорость доступа к ним и реализуется в одной из известных нотаций, например, BPMN – нотации динамического моделирования, в виде конкретных сценариев в интерактивном режиме подсистем ИУС, например, системы электронного обучения (СЭО) Moodle.

Рассматривается разработка комплексной модели программного обеспечения информационной среды предметно-ориентированной ИУС для организации взаимодействия программ, программных комплексов и систем рассматриваемой предметной области, позволяющая организовать информационную среду ОПС. Сформирована структура и параметры комплекса технических программ и программных систем, необходимых для взаимодействия обучающихся со специалистами предприятия в ОПС, формируется контент предметно-ориентированной ИУС определяются необходимые информационно-коммуникационные технологии для обработки разнородных данных и метаданных в форме модели интеграции информационных ресурсов.

Модель интеграции информационных ресурсов вуза и предприятия, обеспечивает централизованное управление структурой программного обеспечения на основе контента предметно-ориентированной ИУС. Инфраструктура сформирована на основе современных информационно-коммуникационных технологий и специальных профессионально-ориентированных технологий, так называемых кроссплатформенных технологий включающих: Intranet внутреннюю сеть организаций, глобальную сеть по технологии Web 2.0, СЭО, CMS – систему управления контентом, социальный BPM (Horus Social Labs) и др.

**В четвертой главе** разрабатывается структура программного обеспечения для реализации референтной модели, более подробно рассматривается программное обеспечение ОПС (на примере взаимодействия филиала и АО КумАПП).

Для организации взаимодействия программ, программных комплексов и систем определяется назначение и функции используемых программных систем комплексной модели. Совокупность программного комплекса образует информационную среду предметно-ориентированной ИУС. Для предоставления пользователям ОПС всевозможного доступа, построена структура программного обеспечения, фрагмент структуры представлен на рисунке 3.

Структура программного обеспечения в дальнейшем послужит для реализации референтной модели организации взаимодействия программ, программных комплексов и систем в предметно-ориентированной ИУС рассматриваемой предметной области.

Получены экспериментальные данные и результаты имитационного моделирования, описанные в главе 4, позволяют сделать вывод о повышении эффективности обработки, передачи и интеграции разнородных данных и метаданных в предметно-ориентированной ИУС рассматриваемой предметной

области исходя из условий идентификации и прослеживаемости в 1,5-2 раза за счет повышения оперативности получения и обработки информации структурированной ОПС.



Рисунок 3 – Фрагмент структуры программного обеспечения ОПС

**В заключении** изложены основные результаты работы.

**В приложении** представлены схемы алгоритма работы пользователей в разработанном программном обеспечении на конкретном примере.

### ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ

В диссертационной работе сформулирована и решена задача повышения эффективности обработки, передачи и интеграции разнородных данных и метаданных в предметно-ориентированной ИУС исходя из условий идентификации и прослеживаемости на основе разработки математического и программного обеспечения ОПС.

1. Рассмотрены существующие подходы и методы формирования структуры программного обеспечения предметно-ориентированной ИУС рассматриваемой предметной области с использованием концепции CALS, стандарта системной инженерии, процессного управления для организации взаимодействия программ, программных комплексов и систем путем формирования структуры контента ОПС процесса ЖЦ системы подготовки.

2. Предложен метод формирования структуры программного обеспечения информационной среды на основе контента предметно-ориентированной ИУС для моделирования ОПС и организации взаимодействия программ, программных комплексов и систем рассматриваемой предметной области, выявлены информационные потоки, причинно-следственные связи между информационными объектами.

3. Разработана методика формирования математического и программного обеспечения для организации программ, программных комплексов и систем в предметно-ориентированной ИУС рассматриваемой предметной



области, позволяющая осуществлять непрерывное совершенствование учебного процесса на всех этапах ЖЦ системы подготовки обучающихся.

4. Разработана комплексная модель программного обеспечения информационной среды предметно-ориентированной ИУС для организации взаимодействия программ, программных комплексов и систем рассматриваемой предметной области, что позволяет идентифицировать и проследить, а также рационально во времени согласовывать взаимосвязанные процессы, которые необходимо контролировать в ОПС.

5. Разработана структура программного обеспечения для реализации референтной модели организации взаимодействия программ, программных комплексов и систем в предметно-ориентированной ИУС рассматриваемой предметной области (на примере взаимодействия филиала и АО КумАПП), а также предложены программные средства для ее реализации, что повышает оперативность обработки, передачи и интеграции разнородных данных и метаданных. Проведен анализ эффективности применения предложенных научных и практических результатов в филиале и АО КумАПП, результаты которого свидетельствуют о повышении эффективности обработки, передачи и интеграции разнородных данных и метаданных в предметно-ориентированной ИУС для взаимодействия вуза и предприятия за счет доступности информации в форме контента ОПС. Оперативность получения и обработки информации повышается в 1,5-2 раза.

**Перспективы дальнейшей разработки темы.** В рамках дальнейших исследований планируется разработка алгоритмов взаимодействия программ и программных комплексов и систем в ОПС, которые могут упростить работу пользователей в предметно-ориентированной ИУС.

## **СПИСОК ОСНОВНЫХ ПУБЛИКАЦИЙ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ**

### *В рецензируемых журналах из перечня ВАК*

1. Организация единого информационного пространства для подготовки специалистов технического ВУЗа /Б. С. Малышев, К. А. Ризванов, Л. Ю. Полякова, А. Р. Фахруллина// Вестник УГАТУ: научный журнал Уфимск. гос. авиац. техн. ун-та. 2014. Т. 18, № 2 (63). С. 142–151с.

2. Комплексная модель организации автоматизированного процессного управления жизненным циклом подготовки специалистов на основе структурирования контента вуза и предприятия /Г. Г. Куликов, В. В. Антонов, М. А. Шилина, А. Р. Фахруллина// Вестник УМО: научно-практический журнал «Экономика, статистика, информатика» МЭСИ. № 3. 2015. С. 241 – 249.

3. Структурирование контента рассматриваемой области для дальнейшего интеллектуального анализа. Пример формирования структурированного контента учебно-производственной деятельности /Г. Г. Куликов, В. В. Антонов, М. А. Шилина, А. Р. Фахруллина//Журнал «Информационно-управляющие системы» Санкт-Петербургского гос. ун-та аэрокос. прибор-я № 2. 2016 – С. 95-100.

### *Коллективная монография и объекты интеллектуальной собственности*

4. Модель взаимодействия в едином информационном пространстве между образовательным учреждением и производственным предприятием /Л. Ю. Полякова, А. Р. Фахруллина// Образовательно-инновационные технологии. Под ред. О. И. Кирикова // Москва: Наука-информ; Воронеж: ВГПУ. 2013, С. 105-121.

5. Свид. об офиц. рег. программы для ЭВМ № 2015613509. / А. Р. Фахруллина, А. С. Никольников// Зарег. 18.03.2015. М.: Роспатент 2015.

6. Свид. об офиц. рег. программы для ЭВМ № 2016612322. /И. И. Ишбердин, А. Р. Фахруллина // Зарег. 24.02.2016. М.: Роспатент 2016.

### ***В других изданиях***

7. Концепция web-портала на примере Кумертауского филиала Уфимского государственного авиационного технического университета / А. Р. Фахруллина// Информатика, управление и компьютерные науки: сб. науч. тр. 4-ой Всеросс. зимн. шк.-семинара асп. и мол. уч. (Уфа, февраль 2009 г.). Уфа: Изд-во «Диалог», 2009.Т. 1. С. 520 – 523.

8. Построение единого информационного пространства «вуз–предприятие» с использованием внешнего канала связи / А. Я. Митрофанов, А. Р. Фахруллина // Современные тенденции в образовании и науке: сб. науч. тр. межд. науч.-практ. конф. (Тамбов, январь 2013 г.) Тамбов: Изд-во ТРОО «Бизнес–Наука–Общество», 2013. Ч. 6. С. 81–82.

9. Применение инструментальных средств для поддержки управления бизнес-процессов подготовки специалистов вузом с предприятием-работодателем /А. Р. Фахруллина, М. А. Шилина// Интеллектуальные технологии обработки информации и управления ИПРМ: сб. науч. труд. 2-й межд. конф. (Уфа, ноябрь, 2014 г.). Уфа: Изд-во УГАТУ, 2014. С. 185 – 188.

10.Подход к формированию моделей управления взаимодействием вуза и предприятия в процессе подготовки обучающихся /Г. Г. Куликов, В. В. Антонов, М. А. Шилина, А. Р. Фахруллина// Проблемы информатики в образовании, управлении, экономике и технике: сб. статей XV межд. науч.-техн. конф. (Пенза, декабрь 2015 г.). Пенза: Изд-во Приволжский Дом знаний, 2015. С. 149-153.

11.Применение социальных сетей по технологии web 2.0 в учебном процессе технического университета /А. Р. Фахруллина, Э. Ю. Степанова, И. Б. Юлуев// Молодежный вестник УГАТУ: научный журнал УГАТУ (Уфа, май 2015г.). Уфа: Изд-во УГАТУ, 2015. № 1 (13). С. 126-132.

12.Адаптивная модель совершенствования учебного процесса с использованием информационных технологий/ Г. Г. Куликов, В. В. Антонов, М. А. Шилина, А. Р. Фахруллина// Технологии цифровой обработки и хранения информации: материалы межд. конф. (Уфа, декабрь 2015 г.). Уфа: Изд-во УГАТУ, 2015. Т.1. С. 194-198. (опубл. на англ. яз.).

13.Анализ эффективности применения программного обеспечения информационной среды (на примере вуза и предприятия) /А. Р. Фахруллина// Техно-логии цифровой обработки и хранения информации: материалы межд. конф. (Уфа, декабрь 2015 г.). Уфа: Изд-во УГАТУ, 2015. Т.2. С. 101-105. (опубл. на англ. яз.).

14.Модели процессов обработки, передачи и интеграции распределенных данных с применением программного обеспечения (на примере вуза и предприятия) //А. Р. Фахруллина, А. В. Сольева/ Труды 4-й межд. конф. «Информационные технологии для интеллектуальной поддержки принятия решений» (Уфа, май 2016 г.). Уфа: Изд-во УГАТУ, 2016. Т.2. С. 86-88.

15.Структура кроссплатформенного программного обеспечения для реализации референтной модели организации взаимодействия программ, программных комплексов и систем в информационно-управляющей системе образовательно-производственной среды // А. Р. Фахруллина / Материалы межд. научно-практич. конф. «Современные проблемы управления и регулирования: иинновационные технологии и техника» (Пенза, июнь 2016 г.). Пенза: Изд-во МЦНС «Наука и Просвещение», 2016. С. 21-25.

ФАХРУЛЛИНА Альмира Раисовна

МОДЕЛИ И МЕТОДЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПРОГРАММНЫХ  
СИСТЕМ ДЛЯ ОБРАБОТКИ РАЗНОРОДНЫХ ДАННЫХ (НА ПРИМЕРЕ  
ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНО-  
ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СРЕДЫ)

Специальность 05.13.11 – Математическое и программное обеспечение  
вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Подписано в печать 27.06.2016. Формат 60x84 1/16  
Бумага офсетная. Печать плоская. Гарнитура TimesNewRoman.  
Усл. печ. л. 1,0. Уч.-изд. л. 0,9.  
Тираж 100 экз. Заказ №420.

ФГБОУ ВО «Уфимский государственный авиационный  
технический университет»  
Редакционно-издательский комплекс УГАТУ  
450008, Уфа-центр, ул. К. Маркса, 12.