

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ДРУЖБЫ НАРОДОВ»

---

*На правах рукописи*

**Василюк Игорь Петрович**

**МОДЕЛИ И АЛГОРИТМЫ ПОДДЕРЖКИ УПРАВЛЕНИЯ  
ИНФОРМАЦИОННЫМИ ПРОЦЕССАМИ И СИСТЕМАМИ ВУЗА ПО  
ЕГО РЕЙТИНГОВЫМ ПОКАЗАТЕЛЯМ**

Специальность: 05.13.17 – Теоретические основы информатики

Диссертация на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Научный руководитель:  
доктор технических наук, профессор  
**Самуйлов Константин Евгеньевич**

МОСКВА – 2020

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
Глава 1. АНАЛИЗ МЕТОДОВ, СРЕДСТВ И ПРОБЛЕМ ОЦЕНКИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ВУЗОВ В РЕЙТИНГОВЫХ СИСТЕМАХ.....	12
1.1 Анализ особенностей оценки деятельности российских вузов на современном этапе реформирования системы высшего образования .....	12
1.2 Исследование международных рейтинговых систем как средства оценки деятельности ведущих университетов мира .....	23
1.3 Анализ существующих моделей и методов оценки деятельности университетов.....	30
1.4 Постановка задач диссертационного исследования.....	33
1.4 Выводы по главе 1.....	34
Глава 2. АНАЛИЗ И РАЗРАБОТКА МОДЕЛЕЙ И АЛГОРИТМОВ КЛАСТЕРИЗАЦИИ, РАНЖИРОВАНИЯ И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ РЕЙТИНГОВОГО ПОЛОЖЕНИЯ ВУЗА .....	35
2.1 Анализ методов и моделей управления рейтинговыми показателями университетов .....	35
2.2 Анализ ключевых факторов, влияющих на рейтинговые позиции университетов.....	38
2.3 Алгоритмы определения значимых факторов и показателей деятельности университета, существенно влияющих на его конкурентоспособность .....	65
2.4 Метод оценки и рекомендации по улучшению показателей деятельности вуза на примере.....	83
2.5 Выводы по главе 2.....	92

Глава 3. ИССЛЕДОВАНИЕ МОДЕЛЕЙ И РЕЙТИНГОВЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ УПРАВЛЕНИЯ КОМПЛЕКСНОЙ БЕЗОПАСНОСТЬЮ ВУЗА.....	94
3.1 Анализ организационно-правовых основ управления комплексной безопасностью вузов в Российской Федерации.....	94
3.2 Проблемы управления показателями комплексной безопасности вуза.....	96
3.3 Модели управления показателями комплексной безопасности вуза.....	100
3.4 Выводы по главе 3.....	120
Глава 4. СОЗДАНИЕ МОДЕЛИ И РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ РЕЙТИНГОВЫМИ ПОКАЗАТЕЛЯМИ ВУЗА.....	122
4.1 Разработка информационной модели системы управления показателями вуза на примере РУДН.....	122
4.2 Схема информационных управленческих потоков и функциональные требования к разрабатываемой информационной системе управления рейтинговыми показателями вуза .....	132
4.3 Моделирование базы данных для информационной системы управления рейтинговыми показателями вуза на примере РУДН .....	142
4.4 Реализация информационной системы управления рейтинговыми показателями вуза на примере РУДН .....	154
4.5 Методика использования информационной системы управления рейтинговыми показателями вуза .....	165
4.6 Выводы по главе 4 .....	166
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	168
Список используемой литературы .....	170

## ВВЕДЕНИЕ

**Актуальность темы исследования.** В настоящее время при оценке эффективности управления и деятельности образовательных организаций широко используются различные отечественные и международные рейтинговые системы. В последнее десятилетие реформы российской высшей школы требуют от университетов всё более серьезного отношения к своему рейтинговому положению, напрямую устанавливая зависимость между хорошими рейтинговыми показателями университетов и вероятностью приема наиболее сильных абитуриентов, привлечения лучших преподавателей и перспективных научных работников. Высокие рейтинговые места университетов обеспечивают им конкурентоспособность и дают возможность привлечения дополнительных инвестиций.

Одновременно с этим всё более актуальными становятся задачи информатизации процессов управления и основной деятельности высших учебных заведений с использованием новейших инфокоммуникационных технологий и защищенных информационных систем и структур.

В соответствии с Указом Президента России №599 "О мерах по реализации государственной политики в области образования и науки" в 2012 году был разработан план развития ведущих университетов России. В частности, была поставлена задача «вхождения к 2020 году не менее пяти российских университетов в первую сотню ведущих мировых университетов согласно мировому рейтингу университетов». Постановлением Правительства РФ в 2013 году был утвержден план мероприятий по повышению глобальной конкурентоспособности российских вузов среди ведущих мировых научно-образовательных центров (проект «5-100»).

Таким образом, решающими критериями эффективности принятия управленческих решений при реализации их информационной поддержки могут и должны служить комплексные рейтинговые показатели вузов.

Исходя из вышесказанного, можно считать актуальной задачу анализа существующих и разработки новых моделей и алгоритмов для информационной поддержки принятия управленческих решений руководителями вузов с целью повышения их конкурентоспособности как в отечественных, так и в международных рейтинговых системах.

В связи с этим, тема диссертационного исследования, посвященного анализу и разработке моделей и алгоритмов поддержки управления информационными процессами и системами вуза по его рейтинговым показателям, является **актуальной**.

**Степень разработанности темы исследования.** Вопросам ранжирования университетов и другим проблемам управления в сфере высшего образования, методикам оценки деятельности образовательных организаций посвящены многие научные работы отечественных и зарубежных ученых. Наибольший интерес представляют прикладные и теоретические исследования:

- в сфере анализа информационных процессов и системам – В.М. Вишневого, Г.П. Башарина, В.А. Наумова, Ю.В. Гайдамака [129], А.П. Пшеничникова, Ю.Н. Орлова, К.Е. Самуйлова [128-130], С.Н. Степанов, Цитович И.И., J.G. Andrews, F.P. Kelly, V.B. Iversen, L. Kleinrock и других;

- в сфере оценки эффективности управления деятельностью организации – Горелова В.И. [108, 111], Попова С.А., Столярова И.И., Солдатовой Н.Ф., Уолша К. и других;

- в сфере анализа и разработки систем информатизации управления – Андреева С.А., Борисова А.М., Бородина И.Ф., Нестерова А.С., Ромашковой О.Н. [3-6, 13, 17-18, 20-22, 84, 89, 95, 103, 106-107, 109] и других.

Анализ перечисленных трудов позволил сделать вывод об актуальности и востребованности выбранного направления диссертационного исследования.

Однако в большинстве указанных научных исследованиях недостаточное внимание уделено решению задач управления информационными процессами и системами на основе комплексной оценки эффективности деятельности вуза по его рейтинговым показателям. В других работах оценка эффективности деятельности университета рассматривается без применения средств информатизации и лишь по ограниченному набору рейтинговых показателей.

Анализ научных трудов по комплексным информационным подходам к управлению вузами, используемым в диссертационной работе, показал, что исследования и разработки в данном аспекте ранее не осуществлялись.

Тематика исследования данной диссертационной работы охватывает пересечение нескольких различных научно-технических и социально-экономических аспектов, и до настоящего момента в комплексном контексте ее никто четко не обозначал, что объясняет слабую степень ее разработанности.

**Цели и задачи работы.** Целью диссертационной работы является повышение эффективности и качества управления информационными процессами и системами университета путем разработки новых информационных моделей и алгоритмов принятия управленческих решений по комплексным рейтинговым показателям.

Для достижения указанной цели в работе поставлены и решены следующие основные задачи:

- осуществить анализ существующих методов, средств и проблем оценки информационных процессов деятельности университетов в отечественных и зарубежных рейтинговых системах по критерию их влияния на повышение конкурентоспособности вуза;

- проанализировать и развить методы и модели для кластеризации, ранжирования и прогнозирования рейтингового положения вуза;
- разработать новые информационные и математические модели ранжирования основных показателей деятельности университета и его подразделений;
- проанализировать и разработать модели и методы для управления информационными процессами и системами комплексной безопасности вуза;
- разработать информационную модель системы управления рейтинговыми показателями вуза на примере РУДН и построить алгоритмы распределения информационных управленческих потоков в разрабатываемой системе поддержки принятия решений;
- разработать модели базы данных для информационной системы поддержки принятия управленческих решений и реализовать информационную систему управления рейтинговыми показателями вуза.

**Научная новизна работы** содержится в следующих научных результатах:

- разработаны и апробированы новые математические модели ранжирования основных показателей деятельности отдельных структурных подразделений вуза и университета в целом, рекомендуемые к использованию в информационных системах поддержки принятия управленческих решений руководителями образовательных организаций высшего образования;
- на основе результатов выполненного анализа систем безопасности университетов разработаны модели и методы для управления информационными процессами и системами комплексной безопасности вуза;
- разработана информационная модель системы управления рейтинговыми показателями вуза на примере РУДН и построены алгоритмы взаимодействия информационных процессов в разрабатываемой информационной системе поддержки принятия управленческих решений;

– созданы модели базы данных, реализована и апробирована информационная система управления рейтинговыми показателями вуза.

**Объектом диссертационного исследования** являются закономерности и системные связи информационных процессов формирования и управления рейтинговыми показателями деятельности социально-экономической системы – высшего учебного заведения.

**Предмет исследования** – методы, модели и алгоритмы поддержки принятия решений при управлении информационными процессами вуза по его рейтинговым показателям вуза.

**Практическая и теоретическая значимость диссертации** состоит в следующем:

– выявлены методы, средства и факторы, наиболее существенно влияющие на повышение конкурентоспособности вуза в отечественных и зарубежных рейтинговых системах;

– разработаны модели и методы для управления информационными процессами и системами комплексной безопасности вуза;

– разработаны информационная модель системы управления рейтинговыми показателями вуза на примере РУДН и построены алгоритмы распределения информационных процессов в разрабатываемой информационной системе поддержки принятия управленческих решений;

– разработаны функциональные требования и модели базы данных для дальнейшей реализации и апробации информационной системы управления рейтинговыми показателями вуза – эффективного инструмента поддержки принятия управленческих решений для повышения конкурентоспособности университета в отечественных и зарубежных рейтинговых системах.

**Внедрение результатов работы** осуществлено в соответствующие проекты вузов города Москвы. Отдельные результаты диссертационной работы

внедрены в учебный процесс Государственного автономного образовательного учреждения высшего образования города Москвы «Московский городской педагогический университет» (ГАОУ ВО МГПУ), а также в систему управления рейтинговыми показателями для Российского университета дружбы народов. Все результаты внедрения подтверждены соответствующими актами.

Получено пять свидетельств о государственной регистрации программы для ЭВМ.

**Методология и методы исследований.** Для выполнения теоретических и практических исследований в диссертационной работе были использованы методы математического и имитационного моделирования; методы теории графов; статистические методы для анализа и обработки данных; методы корреляционного и факторного анализов; методологии моделирования информационных систем и баз данных.

**Положения, выносимые на защиту.**

- математические модели и алгоритмы ранжирования основных показателей деятельности университета;
- модели и алгоритмы для управления информационными процессами и системами комплексной безопасности вуза;
- информационная модель системы управления рейтинговыми показателями вуза и алгоритмы распределения информационных процессов в разрабатываемой информационной системе поддержки принятия управленческих решений;
- модели базы данных системы управления рейтинговыми показателями вуза.

**Степень достоверности и апробация результатов.** Степень достоверности научных результатов и выводов диссертационного исследования обоснована высоким уровнем совпадения теоретических выкладок с

результатами вычислений и экспериментов, а также с результатами, представленными в научных исследованиях других авторов. Достоверность результатов диссертационного исследования также подтверждена успешной практической реализацией разработанных моделей и алгоритмов, а также апробацией на научно-технических конференциях.

Основные результаты диссертационного исследования докладывались и обсуждались на научных семинарах и заседаниях кафедры прикладной информатики ГАОУ ВО МГПУ, кафедры прикладной информатики и теории вероятностей ФГАОУ ВО РУДН, кафедры вычислительной и прикладной математики ФГБОУ ВО РГРТУ в 2015-2019 годах. Кроме того, основные результаты исследования были представлены в 19 докладах на научно-технических конференциях в 2006-2020 годах [1, 2, 13-18, 20-26, 28, 30-32].

**Публикации.** Основные положения диссертационного исследования отражены в 32 печатных работах [1-32]. Из них 2 публикации выполнены в изданиях, индексируемых в международной БД SCOPUS, 7 статей представлены в изданиях, которые включены в перечень научных журналов, рекомендованных ВАК.

**Личный вклад.** Все представленные в диссертации экспериментальные данные и результаты исследований получены лично автором.

**Соответствие паспорту специальности.** Содержание диссертационной работы соответствует паспорту специальности 05.13.17 – «Теоретические основы информатики»: п. 1. «Исследование, в том числе с помощью средств вычислительной техники, информационных процессов, информационных потребностей коллективных и индивидуальных пользователей»; п. 2. «Исследование информационных структур, разработка и анализ моделей информационных процессов и структур»; п.16. «Общие принципы организации телекоммуникационных систем и оценки их эффективности. Разработка

научных принципов организации информационных служб по отраслям народного хозяйства. Изучение социально-экономических аспектов информатизации и компьютеризации общества».

**Структура и объем работы.** Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы и приложений. Основной текст диссертации изложен на 186 страницах, содержит 83 рисунка и 33 таблицы. Список библиографических документов, использованных при работе над темой, содержит 130 наименований отечественной и зарубежной литературы.

## **ГЛАВА 1. АНАЛИЗ МЕТОДОВ, СРЕДСТВ И ПРОБЛЕМ ПОДДЕРЖКИ ИНФОРМАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ УПРАВЛЕНИЯ И ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ВУЗОВ**

### **1.1 Анализ особенностей информационных процессов управления и деятельности российских вузов на современном этапе реформирования системы высшего образования**

Рейтинг — это индивидуальный показатель оценки какого-либо объекта. Чаще всего рейтинг является условным интегральным показателем и базируется на совокупности отдельных признаков [33].

Рейтинговое агентство – организация, занимающаяся оценкой различных характеристик организаций [34]. По результатам работы агентства присваивают и публикуют различные рейтинги.

В целом существуют три основных подхода к определению рейтинга, существенно отличающиеся друг от друга:

1. Оценка рейтинговых показателей по достигнутым результатам деятельности.
2. Оценка рейтинговых показателей, по фактическому состоянию системы или организации.
3. Оценка рейтинговых показателей по потенциальным возможностям системы или организации в будущем.

В методиках расчета рейтинга отечественных вузов используются элементы всех трех подходов.

Для вуза в состав отдельных характеристик включены 44 показателя, начиная с качественных оценок деятельности профессорско-преподавательского состава и заканчивая показателями социальной поддержки студентов.

Серьезный опыт рейтинговой оценки деятельности университетов

накоплен в США. Наиболее распространена методика Американской ассоциации университетских школ бизнеса (AACSB), которая используется для общественной аккредитации университетов. Государственная аккредитация в США отсутствует.

По каждому показателю университетам присваиваются порядковые номера, и рейтинговая оценка вычисляется как сумма порядковых номеров по отдельным показателям.

Международные рейтинги вузов необходимы для тех, кто выбирает страну обучения или собирается работать за границей (особенно, если род деятельности относится к научным исследованиям, преподаванию, наукоемким отраслям) [35].

Причиной различия результатов рейтингов являются цели, задачи и методология их формирования. Цели и задачи определяют выбор показателей, их значимость и весовые коэффициенты при получении итогового значения. Методы обработки информации являются алгоритмами преобразования исходных данных, поэтому при использовании различных методик результаты рейтинговых оценок также отличаются друг от друга [36].

В ходе выполнения исследования были проанализированы наиболее авторитетные мировые рейтинговые системы для университетов: QS World University Rankings, Times Higher Education, U.S. News Best Global Universities, Academic Ranking of World Universities (Шанхайский рейтинг), Round University Ranking.

Каждая из систем использует для оценки индивидуальные критерии, которые, обобщив, можно разделить на следующие группы:

– критерии оценки академической деятельности вуза:

1. академическая репутация – мнение академических экспертов о качестве учебного процесса в вузе;

2. академическая среда – мнение экспертов и студентов об уровне преподавания в вузе;

3. репутация выпускников среди работодателей – мнение последних об уровне их подготовки и карьерном потенциале;

4. уровень трудоустройства выпускников – число выпускников, занимающих должность генерального директора в наиболее авторитетных компаниях мира;

5. индекс наград выпускников – выпускники вуза, которые получили Нобелевскую или Филдсовскую премию;

6. соотношение числа преподавателей и студентов – уровень взаимодействия между преподавателями и студентами, наличие индивидуальных наставников и др.;

– критерии оценки научно-исследовательской деятельности вуза и его влияния в данной области:

1. исследовательская репутация – объем исследований вуза, его исследовательская репутация и доход от исследований;

2. исследовательская репутация в регионе и мире – мнение экспертов о вузе;

3. индекс цитирования – роль вуза в распространении новых знаний и идей;

4. публикации в журналах, книгах – общий объем всех видов публикаций, включая объемные исследования;

5. участие в конференциях – учитывает исследования, которые могли больше нигде не быть опубликованы;

– критерии оценки эффективности профессорско-преподавательского состава (далее – ППС):

1. качество преподавания;

2. доля сотрудников, имеющих ученую степень;
3. количество опубликованных статей на одного сотрудника;
4. индекс наград ППС – сотрудники вуза, которые получили Нобелевскую или Филдсовскую премию, а также прочие международные награды, призы, медали;

– критерии оценки международной деятельности вуза:

1. доля иностранных студентов в общем числе студентов;
2. доля иностранных преподавателей в общем числе ППС;
3. международное сотрудничество – участие в исследованиях, проводимых вузом, авторов со всего мира;

– прочие критерии оценки вуза:

1. влияние консультаций и инноваций вуза на отрасль;
2. привлечение средств от промышленности – доход от исследований, проводимых по заказу промышленных организаций.

Создание информационной системы, позволяющей составлять рейтинг вузов, будет решать множество задач, а также будет направлено на повышение позиций отечественных вузов в международных рейтинговых системах. Создание информационной системы включает несколько этапов.

Существует потребность в оценке высших учебных заведений для позиционирования их на мировой арене образовательных услуг. Рейтинги в сфере образования — это популярный и востребованный инструмент управления и информирования потребителей образовательных услуг.

Для комплексной оценки деятельности вузов необходимо внедрение адаптируемой к изменениям информационной системы рейтинговой оценки.

Информационная система рейтинговой оценки вуза обеспечивает автоматизацию процедур формирования рейтинга.

Деятельность таких организаций описывается множеством процессов и может быть выражена в виде числовых данных по разным критериям.

Информационная система должна обеспечить:

1. загрузку входных данных о вузах, подлежащих анализу;
2. формирование системы оценочных критериев с поддержкой изменений (увеличение числа критериев или их исключение);
3. расширение учета результатов деятельности за счет автоматизации недостающих процессов учета;
4. автоматический расчет рейтинга вузов на основе данных критериальной оценки;
5. интерактивный интерфейс для визуализации результатов определения рейтинга с целью дальнейшей аналитической обработки.

Применение информационных систем рейтинговой оценки вузов позволяет систематизировать сбор данных о результатах их деятельности, оценить эффективность работы организации по различным параметрам.

В качестве примера для анализа уровня автоматизации процессов рейтингового оценивания высших учебных заведений были выбраны пять информационных систем, представленных ниже:

- «ИС Наука-МГУ»;
- «ИС сопровождения научно-исследовательской деятельности СПбГУ»;
- "ИС УНИВЕРис"
- «ИС Pure НГУ».

Рассмотрим информационную систему «ИС Наука-МГУ». Система разработана учёными НИИ Механики МГУ и введена в эксплуатацию в мае 2012 года для учета количества публикаций Московского государственного университета им. Ломоносова. Основной код системы написан с использованием инструментального средства Django, созданного на базе язык программирования

Python. В системе используются решения на основе онтологии. Система имеет Web-интерфейс. Ее экранная форма представлена на рисунке 1.1.



## ИСТИНА

Интеллектуальная Система Тематического Исследования НАукометрических данных

[Главная](#) [Поиск](#) [Статистика](#) [О проекте](#) [Помощь](#)

[Войти в систему](#)  
[Регистрация](#)

Добро пожаловать в систему ИСТИНА!

ИСТИНА предназначена для учета и анализа научной деятельности сотрудников организаций.

Добавьте свои публикации в ИСТИНУ, и для Вас будет создана ваша страница со списком всех ваших работ (пример).

Для работы в системе, пожалуйста, зарегистрируйтесь или войдите.

Ознакомьтесь с инструкцией по работе с системой.

### МГУ имени М.В. Ломоносова

[Информация о публикациях в высокорейтинговых журналах](#)

[Статистика организации](#)

[Присуждение учёных степеней](#)

[Система электронной подачи заявлений на участие в конкурсе замещения должностей](#)

[Список научного оборудования](#)

### Новости системы

Нет новостей.

### Последние добавленные работы (за месяц)

сегодня 2018 Внедрение проектного управления в органах государственной исполнительной власти Ленков И.Н.

сегодня 2014 Аппроксимация локальными слайдами Шевалдин В.Т.

сегодня 1999 Неравенства Джексона — Стечкина в L2 с тригонометрическим модулем непрерывности Бабенко А.Г., Черных Н.И., Шевалдин В.Т.

сегодня 2014 Автоматизация сварочных процессов Гладков Э.А., Бродягин В.Н., Перковский Р.А.

сегодня 2018 Европейские мастера портрета как феномен английского искусства первой половины XVI века Окрошидзе Л.Г.

сегодня 2011 Viscoelastic Relaxation in the Upper Mantle Following the 2006-2007 Great Kuril Earthquakes Steblov G.M., Vasilenko N.F., Frolov D.I., Kogan M.G., Freymueller J.T., Prytkov A.S., Vladimirova I.S.

сегодня 2008 "Superconducting vortices: Chapman full model". Chemetov N.V.

сегодня 1998 Collision of Eurasian and North American plates in eastern Siberia: Evidence from continuous and repeated GPS Kogan M.G., King R.W., Steblov G.M., Lerner-Lam A., Levin V.E.

сегодня 2009 "Strongly nonlinear hyperbolic-elliptic problem in Bounded Domain" Chemetov N.V.

сегодня 1998 Rigidity and motion of Eurasian plate from continuous and repeated GPS Steblov G.M., Kogan M.G., King R.W., Frolov D.I., Mironov S.A., Rykhalsky Y.K.

## Рисунок 1.1 – Экранная форма системы "ИС Наука-МГУ"

Возможности информационной системы «ИС Наука-МГУ»:

- автоматизация основных процессов оценки рейтинга вуза;
- удаленный доступ для пользователей сети Интернет;
- получение автоматически формируемых отчетных материалов;
- получение результатов статистического и тематического анализа информации;

- импорт и экспорт данных о публикациях в формате BibTeX;
- добавление в автоматизированном режиме данных из ряда хранилищ.

Недостатки информационной системы «ИС Наука-МГУ»:

- неполное использование данных Web of Science, вследствие чего может систематически занижаться индекс цитируемости для отдельных научных направлений;
- анализ только научно-исследовательской деятельности.

Рассмотрим информационную систему «ИС сопровождения научно-исследовательской деятельности СПбГУ». Экранная форма системы представлена на рисунке 1.2.

Информационно-аналитическая система сопровождения научно-исследовательской деятельности СПбГУ

ВХОД | ПРОЕКТЫ | ПУБЛИКАЦИИ | РЕСУРСНЫЕ ЦЕНТРЫ | ССЫЛКИ

Служба поддержки: support.ias@spbu.ru

Уважаемые коллеги!

Добро пожаловать на сервер информационно-аналитической системы сопровождения научно-исследовательской деятельности Санкт-Петербургского государственного университета.

Вход для зарегистрированных пользователей:

Имя пользователя:

Пароль:  [Забыли имя пользователя или пароль?](#)

Регистрация новой учетной записи

Для сотрудников, обучающихся в СПбГУ и участников проектов... ?

Для участия в прохождении научной стажировки в СПбГУ... ?

Для соискателей... ?

Для претендентов на докторантуру... ?

Всего проектов:	25516
Всего публикаций:	173818
Всего пользователей:	20933

Рисунок 1.2 – Экранная форма системы "ИС сопровождения научно-исследовательской деятельности СПбГУ"

Ее создание обусловлено нормативными требованиями к регистрации результатов научно-технической деятельности, а также потребностью университета в актуальных фактических данных для разработки научной политики СПбГУ, развития научных исследований как в отдельных областях

знаний, так и в междисциплинарных областях. Информационная система разработана на платформе Linux, СУБД PostgreSQL.

Модель состоит из трех баз данных: "Проекты", "Ценное оборудование", "Научные мероприятия, разработанные на базе СПбГУ".

Возможности информационной системы "ИС сопровождения научно-исследовательской деятельности СПбГУ":

- сбор, хранение, сопровождение, аналитическая и иная обработка информации, относящейся к научной деятельности СПбГУ;
- информационный обмен между УНИ и подразделениями СПбГУ;
- обмен данными с другими информационными ресурсами СПбГУ;
- формирование отчетов подразделений;
- формирование сводных отчетов;
- анализ состояния научной деятельности;
- определение перспективных и проблемных областей научных исследований, определение и разработка новых направлений научной деятельности.

Недостатки информационной системы "ИС сопровождения научно-исследовательской деятельности СПбГУ":

- труднодоступность информации некоторых баз данных;
- анализ только научно-исследовательской деятельности.

Рассмотрим информационную систему "ИС УНИВЕРис". Ее экранная форма представлена на рисунке 1.3.

Система создана с целью обеспечения руководства университета и его подразделений эффективным инструментарием информационной поддержки формирования, контроля и реализации государственной политики в сфере образования. Система работает под управлением операционной системы Linux. Системой управления базой данных является FIREBIRD. Среда разработчика

программных приложений – DELPHI.

Возможности информационной системы "ИС УНИВЕРис":

- мгновенный доступ ко всей необходимой информации, в том числе полученной из различных источников, с необходимостью ее ввода всего один раз;
- предоставление высококачественной информации по всем бизнес-процессам вуза;
- предоставление информации в нужное время, в нужном месте и в виде, наиболее удобном для принятия решений.

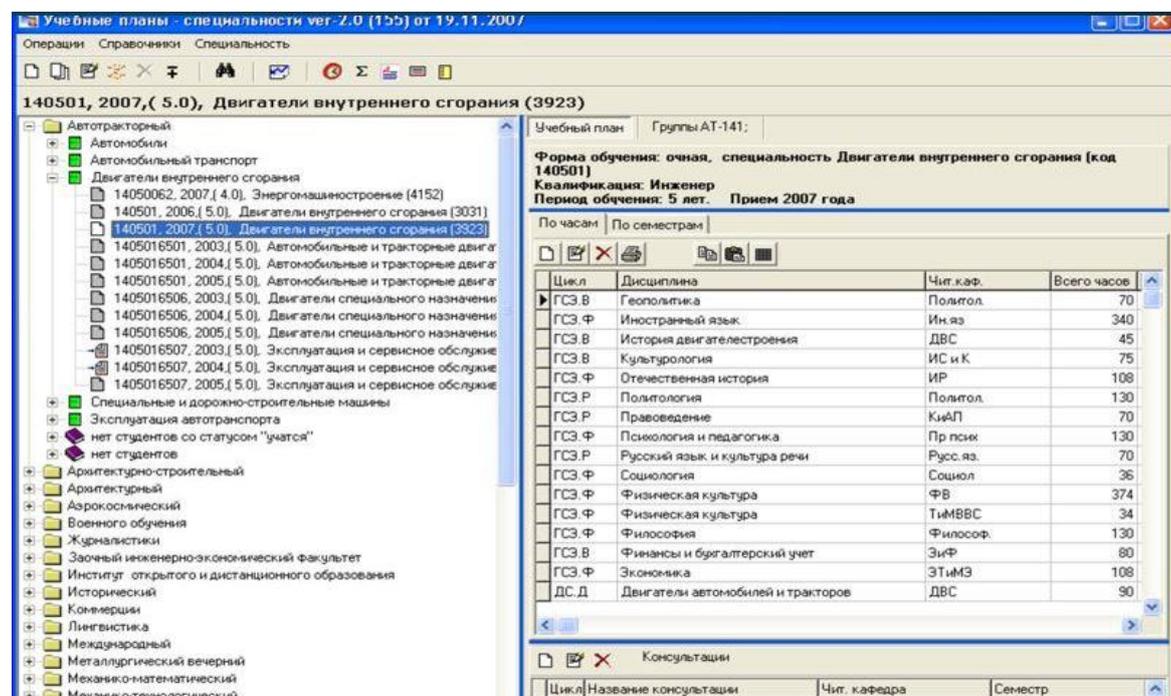


Рисунок 1.3 – Экранная форма системы "ИС УНИВЕРис"

Недостатки информационной системы "ИС УНИВЕРис":

- отслеживание деятельности только кафедры.

Рассмотрим информационную систему "ИС Pure". Экранная форма системы представлена на рисунке 1.4.

Создана компанией Elsevier, рассчитана на управление научно-исследовательской деятельностью организации.

Возможности информационной системы "ИС Pure":

- хранение и импорт данных;
- поиск экспертов;
- формирование отчетов для руководства и ведомств;
- анализ информации;
- демонстрация (публикация) результатов научной деятельности на веб-портале.



Рисунок 1.4 – Экранная форма системы "ИС Pure"

Недостатки информационной системы "ИС Pure":

- анализ только научно-исследовательской деятельности.

Далее был выполнен сравнительный анализ информационных систем рейтингового оценивания. Результаты приведены в таблице 1.1.

В результате анализа информационных систем выявлено следующее: система "ИС УНИВЕРис" контролирует и анализирует деятельность университета на уровне кафедры, а информационные системы "ИС Наука-МГУ", "ИС сопровождения научно-исследовательской деятельности СПбГУ" и "ИС Pure НГУ" выполняют анализ исключительно научно-исследовательской деятельности вузов и не охватывают управленческие структурные подразделения.

Т а б л и ц а 1.1 – Результаты сравнительного анализа информационных систем рейтингового оценивания вузов

Системы	ИС Наука-МГУ	ИС сопровождения научно-исследовательской деятельности СПбГУ	ИС УНИВЕРис	ИС Pure НГУ
Показатели				
Формирование отчетов	да	да	нет	да
Анализ информации	да	да	да	да
Импорт и экспорт данных	да	нет	нет	да
Автоматизация	да	нет	нет	нет
Информационный обмен	нет	да	нет	нет
Определение проблем и разработка направлений	нет	да	нет	нет
Доступность информации	да	да	да	да
Поддержка современных систем	да	да	да	да

## **1.2 Исследование международных рейтинговых систем как средства оценки деятельности ведущих университетов мира**

На основании выполненного анализа выделим ряд существенных недостатков наиболее авторитетных рейтингов для оценки деятельности университетов в различных странах мира. Такие недостатки тем, что выбор рейтинговых показателей, как правило, носит субъективный характер, равно как и установление весовых коэффициентов для этих показателей.

Работа по устранению указанных недостатков ведется постоянно. В частности, Европейский центр высшего образования (ЮНЕСКО-СЕПЕС, Бухарест) и Институт политики в высшем образовании (ИНЕР, Вашингтон) ежегодно осуществляют сбор, анализ и систематизацию различных подходов и методов определения рейтингов образовательных организаций.

### **1.2.1 Национальные рейтинги университетов стран мира**

1. America's Best Colleges: Рейтинги формируются и публикуются для университетов и колледжей журналом US News & World Report с 1980-х годов, и имеют в США существенный авторитет. Журнал выносит на свой сайт методику расчета рейтингов, а также необходимые пояснения всех результатов расчета. Часть результатов размещена в открытом доступе, а для получения доступа к рейтингам всех образовательных организаций требуется оформление специальной подписки [37].

2. The Top American Research Universities. Данный сайт содержит рейтинги научно-исследовательских университетов США, формируемые Центром измерения результатов деятельности университетов (The Center for Measuring University Performance, начиная с 2000 года. На сайте также объясняются все подходы Центра к формированию рейтинга и ранжированию вузов [38].

3. SR Monthly Undergraduate College Rankings. Данный портал создан специально для поступающих и обучающихся в университетах США. Главная задача портала – формирование рейтинговых показателей вузов по результатам опроса студентов. Причем портал формирует различные рейтинги для вузов разных специализаций: технических, педагогических, вузы с наилучшей социальной поддержкой обучающихся, с наилучшим материальным обеспечением условий обучения и др. [39].

4. CHE Hochschulranking 08/09. Сайт создан Центром развития высшего образования Германии для публикации рейтингов вузов. Особенностью сайта является то, что там публикуются данные по самым различным отдельным показателям университетов, а не комплексные рейтинговые оценки [40].

5. University guide. Газета Guardian – одно из старейших периодических изданий, публикующих рейтинги британских университетов. Для формирования рейтингов и их публикации применяют так называемые «таблицы лиг». Сайт газеты предоставляет также информацию о методиках расчета рейтинговых показателей и интерпретации итоговых результатов [41].

6. Good University Guide 2009. Газета Великобритании –Times – также формирует рейтинговые списки университетов. Эти списки предназначены в первую очередь для поступающих и их родителей как ориентир в многообразии вузов для поступления. Times использует небольшое количество показателей, которые для получения итоговой оценки проходят процедуру нормализации и снабжаются весовыми коэффициентами [42].

7. Maclean's University Ranking. Ещё один британский рейтинг составляется и публикуется журналом Maclean's. Особенностью этого рейтинга является использование статистических показателей, которые применимы исключительно для Великобритании. Особенным авторитетом рейтинги

журнала пользуются в Канаде. Сайт журнала содержит также дополнительные материалы по оценкам вузов на основании результатов опросов студентов [43].

8. SwissUp's University Ranking. Это швейцарская система рейтинговых оценок университетов. Сайт содержит крайне подробные результаты исследований всех направлений подготовки в вузах Швейцарии. Это возможно, поскольку в этой стране число университетов не велико [44].

9. DFG Funding Ranking. Сайт Германского научного сообщества (DFG), на котором представлен рейтинг немецких вузов, сформированный преимущественно на основе финансовых показателей деятельности университетов [45].

10. CEST Scientometrics Ranking. Рейтинг создается Швейцарским Центром изучения науки и технологий (CEST). Методология его создания основывается на оценке преимущественно научной деятельности вузов с использованием показателей библиометрии или наукометрии. Сайт Центра содержит также необходимую поясняющую информацию для верной интерпретации рейтинговых оценок [46].

11. Customized Graduate Program Rankings. Данный сайт формирует рейтинги не по вузам, а по направлениям подготовки в магистратуре и докторантуре PhD. Особенностью системы является то, что пользователь может самостоятельно составить рейтинг более, чем по 23000 программ подготовки в нескольких тысячах вузов. Каждый желающий может составить свой персональный рейтинг интересующих вузов, выбрав соответствующие направления подготовки и задав свои весовые коэффициенты для рейтинговых показателей [47].

12. Research Assessment Exercise 2001. Ещё один британский сайт RAE, формирующий рейтинг вузов на основе оценки их исследовательской деятельности [48].

13. Princeton Review College Rankings. Журнал «Princeton Review» выпускает специальное издание, посвященное рейтинговым оценкам колледжей США с точки зрения вузов. По каждому колледжу университеты формируют резюме, которое дает возможность абитуриентам и их родителям выбрать вуз для продолжения обучения в зависимости от оконченого колледжа [49].

14. Washington Monthly's Other College Ranking. На сайте представлены рейтинговые показатели колледжей в виде простого текстового описания [50].

15. A New Ranking of American Colleges on Laissez-Faire Principles. Создатели сайта используют нестандартный подход к формированию рейтинга вузов. Рейтинг вычисляется по качественным показателям, полученным на основании опросов не выпускников, а абитуриентов университетов и колледжей. Сайт также содержит подробный анализ результатов рейтинговых оценок [51].

16. Black Enterprise's Top Colleges for African Americans. Эта рейтинговая система создана специально для афроамериканцев, поскольку в США они выделяются в особую социокультурную группу граждан. Рейтинг отличается набором основных видов показателей, которые преимущественно оценивают не качество и уровень образования, а социальные и этические условия в вузе для обучения афроамериканцев [52].

17. College Rankings by College Prowler. Еще один подход к формированию университетских рейтингов, используемый в США. Рейтинги формируются на основе анализа отзывов обучающихся и содержат более двадцати показателей, по каждому из которых формируется оценка. Сравнение нескольких вузов по наиболее важным для абитуриента показателям помогает ему в выборе места для поступления [53].

18. 100 Best Values in Public Colleges: Рейтинговые системы, размещаемые на сайте [www.kiplinger.com](http://www.kiplinger.com) показывают соотношение между качеством

преподавания и цены за обучение в колледжах. Пользователь может выбрать любой, интересующий его колледж с помощью поисковой системы и определить его рейтинг. Такая услуга предоставляется бесплатно [54].

19. New Mobility Disability-Friendly Colleges. Журнал «New Mobility» формирует рейтинги вузов по особой методике. Рейтинговые показатели отражают качество не основных – образовательных, а дополнительных услуг, предоставляемых вузом [55].

20. Judging the Law Schools: Эта рейтинговая система разработана отдельно для юридических вузов. Система формирует комплексные оценки для университетов в целом и выбирает наилучшие юридические вузы по каждому критерию в отдельности. Результаты регулярно обновляются [56].

21. Cooley's Rankings Law Schools. Это сайт также посвящен юридическим университетам. Причем на нем отражаются не только рейтинговые оценки вузов для помощи абитуриентам при выборе места обучения в сфере юриспруденции. Предоставляется также много дополнительной полезной информации о вузе вплоть до виртуальных туров по учебным корпусам и кампусам [57].

22. The Law School Ranking Game. На этом сайте, также посвященном рейтингу юридических университетов, пользователи в форме игры могут самостоятельно сформировать рейтинг вуза. База данных системы содержит различные рейтинговые показатели для многих юридических университетов. Сайт предоставляет возможность устанавливать самостоятельно весовые коэффициенты для наиболее интересных показателей и определять рейтинг любого из университетов [58].

23. Top 50 Research Universities. Эта рейтинговая система применяется в Канаде для определения наилучших исследовательских вузов. При формировании рейтинга преимущественно учитываются финансовые показатели и показатели квалификации преподавательского состава. Система

дает возможность ретроспективного оценивания рейтинга университетов, что позволяет узнать не только современное состояние, но и уровень стабильности рейтинга каждого университета [59].

24. Рейтинг университетов Польши *Perspektywy*. Это многокритериальный рейтинг, построенный по информации, которую дают сами университеты, а также по данным Центрального статистического управления, Министерства науки и высшего образования Польши, наукометрической базы Scopus [60-62]. Рейтинговая система «Перспектив» состоит из четырех рейтингов, которые оценивают все возможные условия и виды деятельности ведущих вузов Польши [63-67].

Именно последняя из описанных рейтинговых систем является наиболее подходящей для использования при моделировании системы управления университетом с учетом его рейтинговых показателей.

### **1.2.2 Классификация рейтинговых систем**

На основании анализа рейтинговых систем, представленного в предыдущем разделе, можно сделать вывод о том, что эти системы могут быть разделены по следующим типам в зависимости от способов их формирования:

– рейтинги, сформированные по комплексным или агрегированным показателям. Как правило, такие рейтинги характеризуют университеты в целом. Для формирования таких рейтингов необходимо сначала разработать набор ключевых показателей для оценки, и каждый из показателей наделить весовым коэффициентом. Далее следует разработать алгоритм агрегации показателей для формирования итоговой рейтинговой оценки вуза. Именно такой тип рейтингов широко распространен в ряде стран. Наиболее удачными примерами его применения являются рейтинговые системы U.S. News and World Report (США) и журнала «Перспективы» (Польша);

– рейтинги, разработанные для отдельных программ или направлений подготовки университетов. В них используются не интегральные оценки, а специально сгруппированные показатели. Такие рейтинги формируют, в частности, журналы «Перспективы» (Польша), «Штерн» (Германия), «Бизнес уик» и «Файнэншл Таймс» (Великобритания);

– рейтинги, основанные на комбинированных методиках – все оставшиеся способы формирования рейтинга университетов.

Рейтинговые системы могут быть также разделены по структуре рейтинга:

– **Порядковый.** Здесь ранжируемым вузам даются порядковые номера, в соответствии с которыми они размещаются в рейтинговом перечне. Так формируют рейтинги вузов «Приложение по высшему образованию к газете «Таймс», DAAD в Германии и др.

– **Кластерный.** Для формирования рейтинга выполняется кластеризация университетов, то есть их объединение в группы по рейтинговым показателям. Примером является система «Штерн» (Германия), которая объединяет ранжируемые вузы в три крупных кластера – лучший, средний и худший.

– **Комбинированный.** В таких рейтинговых системах ранжирование вузов может происходить по различным наборам показателей. После формирования итоговых рейтинговых оценок вузам присваиваются порядковые места, и в публикацию попадают только первые 50, 100, 200 лучших вузов. Такой тип рейтинговой системы является комбинацией двух предыдущих. Его использует, например, «Рекрут» (Япония), где в рейтинг по каждому показателю заносят только 50 лучших университетов.

Таким образом, мы определили основные подходы к формированию рейтинга университета. Далее необходимо проанализировать существующие

методики и модели, используемые для оценки деятельности университетов в рамках определенных подходов.

### **1.3 Анализ существующих моделей и методик для оценки информационных процессов управления и деятельности вузов**

Как показал проведенный анализ, преимущественно рейтинги вузов составляются для абитуриентов и их родителей, чтобы помочь им выбрать место и программу для дальнейшего обучения.

Но в рамках решения задач настоящего диссертационного исследования наиболее важным является использование рейтингов и рейтинговых систем в качестве инструмента эффективного управления деятельностью самих университетов в целях повышения их национальной и международной конкурентоспособности.

Заметим, что в этом случае требуется качественный и широкий сбор первичной информации для последующей ее обработки и формирования с показателей с адекватными и адаптивными весовыми коэффициентами.

Анализ и выбор рейтинговых показателей также играет важную роль при решении задачи формирования рейтинга для оптимизации управленческих процессов вуза. Рейтинговые системы развиваются вместе с развитием системы образования, изменяются в зависимости от экономических и национальных приоритетов. Поэтому система рейтинговых показателей постоянно изменяется и, следовательно, должна подвергаться тщательному анализу и проверке.

Например, некоторое время назад особое внимание стало уделяться международной деятельности вузов, что привело к повышению весовых коэффициентов показателей доли иностранных студентов и иностранных

преподавателей в отечественных вузах.

Неизменно важными остаются группы показателей академической активности и академической мобильности преподавателей и студентов, качества образовательной деятельности. Но методики их количественных оценок постоянно обновляются.

В последние годы явно выражена ориентация на создание многомерных комплексных рейтинговых систем, в которых каждый показатель оценивается отдельно, и предоставляется возможность динамического изменения набора наиболее важных показателей. Это влечет за собой необходимость разработки информационных систем, автоматизирующий весь процесс обработки данных для формирования рейтинга.

Такие информационные системы должны стать частью комплексной системы управления университетом и помочь ему совершенствовать свои стратегии развития, качества и производительности, что не отменяет и прежней цели – дать наиболее адекватную и полную информацию о вузах потенциальным абитуриентам, реализуя высокотехнологичную поддержку принятия ими решения при выборе места обучения.

Для сбора данных и формирования системы рейтинговых показателей предполагается, что система наряду с анализом информации о ресурсах вуза сможет выполнять анализ результатов систематических опросов представителей академического сообщества, студентов.

### **1.3.1 Применение математических моделей для анализа деятельности университетов**

В настоящее время во многих научных и технических отраслях применяется математическое моделирование. Математические модели используются для анализа реальных объектов в различных сферах: образование,

научно-практические исследования, инженерный дизайн, автоматика и механика, медицина, экономика, безопасность и др. [68] Существуют несколько основных определений математической модели. В частности, она может быть определена как математический объект, который заменяет реальный объект и дает возможность изучить основные свойства оригинала [69, 70]. Еще более формально можно представить математическую модель авторы определяют как систему уравнений или арифметических отношений [71, 72].

Как показал анализ ряда работ, математическое моделирование вполне применимо для решения задач управления в вузе. Причем математически можно смоделировать не только управленческие процессы, но и собственно образовательный процесс. Используя математические модели, можно перейти к решению задач оптимизации, прогнозирования и ранжирования [73-76].

Однако во всех рассмотренных работах не учитывались случайные воздействия на процессы управления и функционирования вуза множественных внешних факторов, и модели разрабатывались лишь на основе анализа основных функциональных процессов образовательной организации. Задачи повышения эффективности управления и оптимизации образовательного процесса не ставились.

Моделированию разнообразных рейтинговых систем также посвящено немало трудов. Например, модель в работе [77] разбивает все показатели деятельности на две группы: показатели эффективности (производительности) и показатели потенциальных возможностей (прогнозные показатели). Первая группа формируется из показателей по основным видам деятельности за определенный период. Вторая группа зависит от приоритетных задач, стоящих перед оцениваемым объектом. После того, как сформированы обе группы, важной задачей становится присвоение весовых коэффициентов каждому из показателей. Как правило, в известных системах весовые коэффициенты

определяются методом экспертных оценок.

Более абстрактным методом является метод факторного анализа, где важность фактора определяется расчетом энтропии признака [78] как меры неопределенности значений признака. В этом случае наиболее важными будут факторы с наибольшей энтропией по анализируемой выборке данных.

В случае определения рейтинга вузов первоначально определяется количество уровней качества. Далее рассчитывается комплексный рейтинговый показатель качества для каждого вуза, и все университеты ранжируются в соответствии с этими показателями. Полученные результаты могут быть использованы каждым вузом для выстраивания стратегии своего дальнейшего развития и для поддержки принятия эффективных управленческих решений.

#### **1.4 Постановка задач диссертационного исследования**

На основании выполненного анализа можно определить цель данного диссертационного исследования – повышение эффективности и качества управления вузом путем разработки новых моделей и алгоритмов принятия управленческих решений по его комплексным рейтинговым показателям.

Для достижения указанной цели необходимо решить следующие основные задачи:

- осуществить анализ существующих методов, средств и проблем оценки деятельности университетов в отечественных и зарубежных рейтинговых системах по критерию их влияния на повышение конкурентоспособности вуза;
- проанализировать и развить методы и модели для кластеризации, ранжирования и прогнозирования рейтингового положения вуза;
- разработать новые математические модели ранжирования основных

показателей деятельности университета и его подразделений;

- проанализировать и разработать модели и методы для управления рейтинговыми показателями комплексной безопасности вуза;

- разработать информационную модель системы управления рейтинговыми показателями вуза на примере РУДН и построить алгоритмы распределения информационных управленческих потоков в разрабатываемой системе поддержки принятия решений;

- разработать модели базы данных и реализовать систему управления рейтинговыми показателями вуза.

### **1.5 Выводы по главе 1**

1. В результате анализа деятельности российских вузов на современном этапе реформирования системы высшего образования выявлены основные особенности оценки эффективности управления вузами.

2 Проанализированы международные рейтинговые системы как средства оценки деятельности ведущих университетов мира и выявлены основные направления, повышающие конкурентоспособность вузов в мировых рейтинговых системах.

3 Выполнен анализ существующих моделей и методов оценки деятельности университетов в России и за рубежом, по результатам которого сформированы основные направления и задачи диссертационного исследования.

## ГЛАВА 2. АНАЛИЗ И РАЗРАБОТКА МОДЕЛЕЙ АЛГОРИТМОВ КЛАСТЕРИЗАЦИИ, РАНЖИРОВАНИЯ И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ РЕЙТИНГОВОГО ПОЛОЖЕНИЯ ВУЗА

### 2.1 Анализ методов и моделей управления информационными процессами университетов по их рейтинговым показателям

Как показал выполненный нами анализ в главе 1, используемые в разных странах рейтинговые системы и методики достаточно сложны, и требуют знания различных разделов математики и теории ранжирования. Последняя является разделом эконометрики и использует различные методы измерения сравнительных преимуществ одних ранжируемых объектов над другими.

Как было выявлено выше, для создания рейтинговой системы необходимо разработать критерии оценки. Для университетских рейтинговых систем можно выделить три группы критериев.

1. *Академическая репутация вуза.* Как правило, этот критерий численно определяется популярностью вуза у абитуриентов, высокими проходными баллами при поступлении и высокой стоимостью обучения. Этот критерий может определяться также путем анкетирования и опросов членов академического сообщества и профессиональных союзов.

2. *Качество образования выпускников.* Данный критерий численно определяется количеством выпускников, трудоустроенных на престижные рабочие места по специальности, заинтересованностью работодателей, количеством выпускников, продолживших обучение на следующих уровнях образования в наиболее престижных университетах. Учитывается также, насколько университет помогает в трудоустройстве выпускников. Учитывается и целый ряд других критериев, полученных из анкет, собранных союзами выпускников данного университета. Для ряда направлений подготовки,

например, для педагогических направлений, проводятся специальные экзамены и тесты для выпускников для возможности их работы по специальности.

3. *Качество образовательного процесса.* Этот критерий определяется внедрением современных образовательных технологий, применением в учебном процессе новейших информационных и материальных ресурсов, уровнем финансирования вуза в целом.

Далее следует выделить основные методики для рейтингового оценивания вузов. Экспертиза, анализ и ранжирование любых социально-экономических систем – комплексная задача теории принятия решений и теории коллективного выбора. Решению подобных задач посвящено много работ [79] в которых рассматриваются методы ранжирования научных проектов [80], тендеров [81], банков [82], государств [83] и др.

Как мы выяснили в результате анализа рейтинговых систем, наиболее часто применяется подход линейного ранжирования по результатам комплексной итоговой оценки.

Методика линейного ранжирования состоит из четырех этапов: выбор рейтинговых показателей, нормирование показателей, формирование итоговой оценки, ранжирование вузов в линейном порядке.

*Этап 1. Выбор рейтинговых показателей.* На этом этапе следует провести отбор существенного количества показателей, отражающие уровень вуза по основным критериям. Далее требуется произвести дополнительный анализ того, какие из показателей являются наиболее значимыми для достижения наивысших значений рейтинговых оценок. Таким образом, формируется оптимальный перечень наиболее существенных показателей. Заметим, что современные средства вычислительной техники в сочетании с развитой математической и алгоритмической базой способны обрабатывать в случае необходимости очень большие объемы данных.

*Этап 2. Нормирование показателей* – это перевод значений рейтинговых показателей в безразмерные величины с использованием среднего или эталонного значения данного показателя. В рамках данного этапа осуществляется переход на балльную систему.

*Этап 3. Формирование результирующей оценки.* Такая процедура по сути является функцией нормированных рейтинговых показателей, выполняемой как правило с помощью сепарабельной функции линейного, логарифмического или экспоненциального вида. Выбор вида сепарабельной функции является отдельной задачей. Если значения показателей имеют значительную дисперсию, то рекомендуется использовать логарифмическую функцию. В этом случае лидирующие позиции рейтинга займут университеты, значения показателей которых распределены наиболее равномерно.

Экспоненциальную сепаративную функцию следует применять, когда нужно дать преимущество университетам, лидирующим по конкретным отдельным показателям, поскольку при выборе экспоненциальной функции с положительной степенью более высокие значения показателей сильнее влияют на итоговую оценку и при суммировании дают больший результат.

Если существует необходимость сглаживания выбросов значений показателей и выравнивания их значений, следует использовать степенную сепаративную функцию с положительной степенью в диапазоне от 0 до 1.

Как показал анализ, на практике в большинстве случаев используется линейная функция с суммой весов показателей, равной 1. В этом случае значение веса каждого показателя есть его доля в общей суммарной оценке.

*Этап 4. Ранжирование вузов в линейном порядке* в зависимости от значения результирующей оценки.

Возможны несколько вариантов ранжирования. Далее в работе мы будем использовать факторный анализ для отбора рейтинговых показателей. Под

фактором понимается агрегированный результирующий показатель, к которому приводятся все рейтинговые показатели в результате линейного ранжирования. Наиболее распространен метод двухфакторного анализа. В этом случае все университеты представляются в виде точек на факторной плоскости. В двухфакторной динамической модели университеты-точки описывают различные траектории во времени, что отражает направления развития каждого вуза.

Также часто используются методики на основе кластерного анализа. Такие методики основаны на разбиении университетов на группы (кластеры) однотипных, и часто используются при построении международных рейтингов.

Безусловно, важным и авторитетным показателем того, что университет действительно конкурентоспособен, является наличие его высоких позиций в нескольких различных рейтингах, составленных независимыми экспертами по различным методикам. Однако, в целях совершенствования системы управления вузом следует опираться на методы ранжирования, максимально учитывающие специфику данного университета.

## **2.2 Анализ ключевых факторов, влияющих на рейтинговые позиции университетов**

### **2.2.1 Модель оценки значимости рейтинговых показателей вуза с использованием сетей Петри**

В настоящее время, как показал проведенный анализ, одним из главных рейтинговых показателей вуза является качество образования выпускников.

Требования современного общества к будущим специалистам неуклонно ужесточаются, в то время как образовательные стандарты диктуют ограничения

по времени и правилам подготовки студентов. В таких противоречивых условиях решающую роль играет повышение эффективности образовательного процесса на основе использования новейших образовательных и информационных технологий, а также методов эффективного управления и принятия решений в сфере образования.

Благодаря развитию и широкому распространению информационных технологий стала возможна автоматизация процессов поддержки образовательного процесса в вузах. Степень автоматизации и информатизации существенно влияет на рейтинговые показатели университетов. Автором были проанализированы десять информационных систем различных случайно выбранных вузов из разных регионов РФ (таблица 2.1).

Конечной целью являлась разработка модели блока поддержки принятия управленческих решений для образовательного процесса вуза. Прежде всего была разработана математическая модель образовательного процесса вуза на основе аналитического обзора [84].

Все информационные системы, представленные в таблице 2.1, имеют модульную структуру, соответствующую организационной структуре и функциональным требованиям университета или его отдельного структурного подразделения, соответственно. По своей сути все проанализированные информационные системы являются системами документооборота для учебного отдела или кафедры. В некоторой степени такие системы повышают эффективность управления процессами вуза. Но в рамках нашей задачи необходимо реализовать эффективное динамическое управление непосредственно самим образовательным процессом в целях повышения качества образования выпускников.

Таблица 2.1 - Сравнение существующих информационных систем для управления образовательным процессом вуза

	<i>Название ИС</i>	<i>Структура ИС</i>	<i>Интеллектуальная обработка данных</i>	<i>Общие замечания</i>
1	МГИМО Система управления учебным процессом (СУУП)	Отдельные модули	нет	Нет единой управляющей оболочки
2	ПГУ г. Челябинск «Митерра»	Модуль ИС	нет	
3	СибГУТИ	Модуль АСУ ВУЗ	Есть интеллектуальный блок	Требует больших материальных затрат
4	Карагандинский гос. технический университет	Учебно-воспитательный процесс	нет	Автоматизирована работа учебной части
5	ГОУВПО НИ Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарева»	Отдельный модуль	нет	Автоматизация кафедры
6	Харьковского национального экономического университет	Часть корпоративной системы вуза	нет	Автоматизирована работа учебной части
7	ИС «Магеллан» Удмуртия	Корпоративная система	нет	Коммерческий продукт
8	Бит.ВУЗ	Отдельный модуль	нет	Коммерческий продукт. Автоматизирована работа учебной части
9	РосБизнесСофт CRM для Учебных центров	Корпоративная система	нет	Коммерческий продукт
10	Пед. Вуз. Г. Екатеринбург	Отдельный модуль	нет	Документооборот кафедры
11	ИС Академии управления при Президенте Республики Беларусь	Модуль АСУ академии	есть	Управление содержанием учебных дисциплин

В таблице 2.2 представлены математические модели образовательного процесса в вузе.

Т а б л и ц а 2.2 – Математические модели образовательного процесса вуза

<i>Что моделируется</i>	<i>Математический метод</i>	<i>Вид функции</i>
Финансовые показатели, инвестируемые в обучение	Нахождение максимума целевой функции на множестве	$\max_{x_i} f_i(x_i) = f(x_j), \quad x \in \bar{D}_i, \bar{D}_i = D_i \cap U_j$
Учебный материал – матрица дидактических единиц	Минимизация целевой функции	при $t \rightarrow t_{\text{доп}}, \Delta M(t) \rightarrow \min$ , где $t_{\text{доп}}$ – допустимое время обучения
Все ресурсы представлены в виде функции	Целевая функция должна стремиться к максимуму	$R = f(G, S, E, D)$ , стремится к максимуму.
С помощью дифференциальных уравнений моделируется количество освоенных дидактических элементов	Решение дифференциального уравнения	$\frac{dn(t)}{dt} = kn(t) \left( 1 - \frac{n(t)}{N} \right)$
Образовательный процесс с точки зрения студента	Имитационная модель	Диаграмма IDEF3
Дисциплина представляется множеством элементов	Операции над множествами	$Q = \{Q^r, Q^p, Q^t, Q^v\}$
Пять объектов из БД «Расписание»: время, аудитория, студент, преподаватель, дисциплина	Предложена линейная нотация кодирования строки учебного плана.	Создана матрица, элементов учебного процесса. Операции над строками и столбцами – инструмент управления учебным процессом
Основа модели - формула Харгли	Арифметическое нахождение слагаемых	$V_j = \sum_{i=1}^n T_j, (j = 1, 2, \dots, k)$
Знания представлены в виде набора компонентов. Построен вектор	Комбинируя компоненты, можно получить оптимальную стратегию обучения.	$\bar{V} = [v_1 v_2 v_3 v_4 v_5]^t$
Составляющим образовательного процесса присваивается приоритет	Факторный анализ.	Отбор значимых параметров.

Для такой реализации в управленческую информационную систему вуза необходимо внести модуль, осуществляющий непрерывный анализ хода образовательного процесса и предлагающий решения по его корректировке. Подобный модуль существует, например, в ИС СибГУТИ. Но он автоматизирует глобальные управленческие процессы всего вуза, что требует затрат существенных материальных и человеческих ресурсов.

Рассмотрим понятие образовательного процесса. Понятие процесса подразумевает смену состояния какого-либо объекта во времени. Пусть объектом является студент вуза (его образовательный статус). Тогда можно ввести понятие образовательного процесса. Образовательный процесс состоит из собственно учебного и воспитательного процессов и процесса развития личности [85].

Для построения математической модели нам необходимо проанализировать формализованную структуру учебного процесса (УП) – непрерывного, динамического, детерминированного процесса с жестко ограниченными ресурсами, содержащего элементы, представленные на рисунке 2.1.

Основным структурным подразделением вуза, осуществляющим реализацию и управление учебным процессом, является кафедра. Кафедра осуществляет подготовку бакалавров, магистров и аспирантов. Обобщенная организационная структура кафедры университета представлена на рисунке 2.2.

Проанализируем процессы освоения профессиональных компетенций студентами по определенной дисциплине [86, 87]. Организационные формы обучения: лекции, семинары, коллоквиумы, лабораторные занятия, практические занятия, самостоятельная работа студентов, научно-исследовательская работа студентов, производственная педагогическая, преддипломная и др. виды практик.

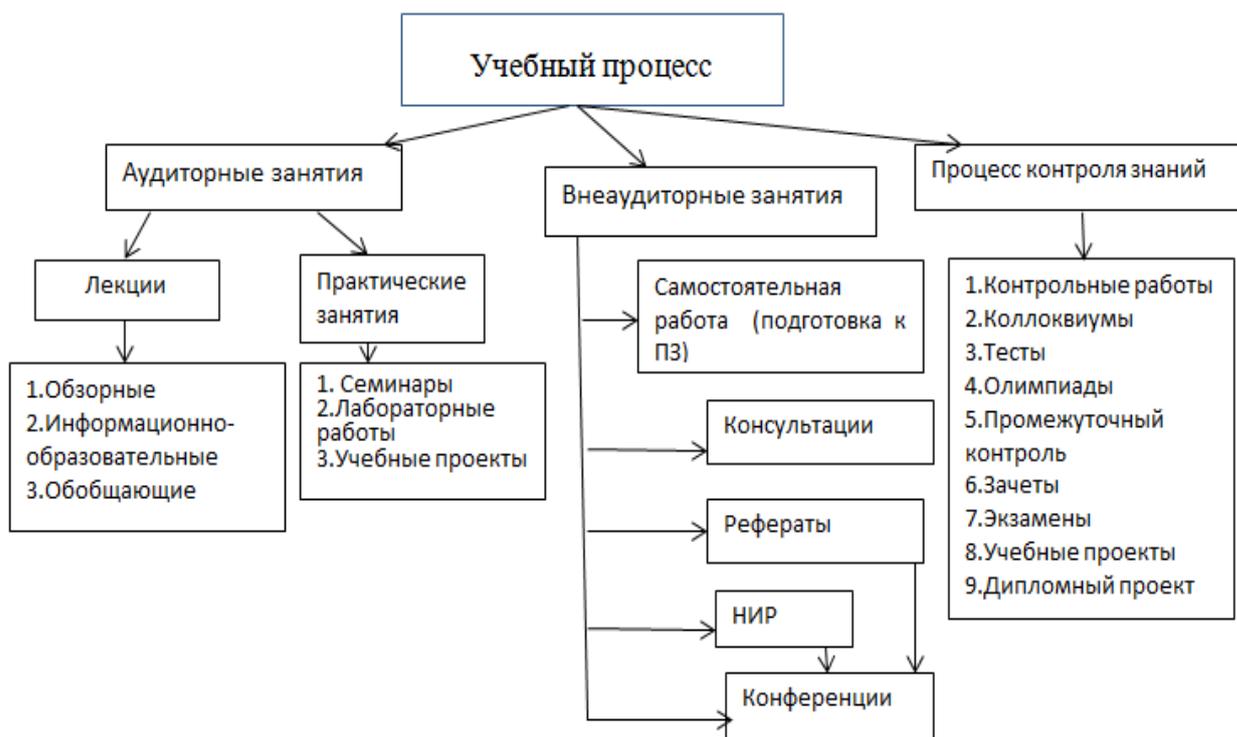


Рисунок 2.1 – Элементы учебного процесса

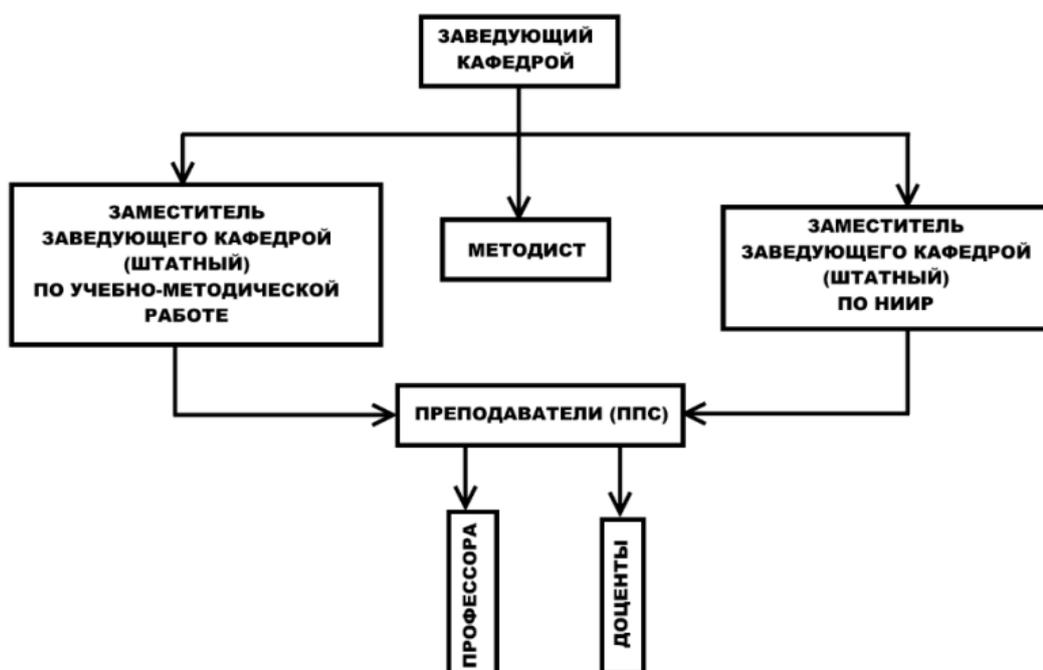


Рисунок 2.2 – Организационная управленческая структура кафедры университета

На рисунке 2.3 представлена примерная структурная схема управления учебным процессом для формирования компетенций у обучающихся.

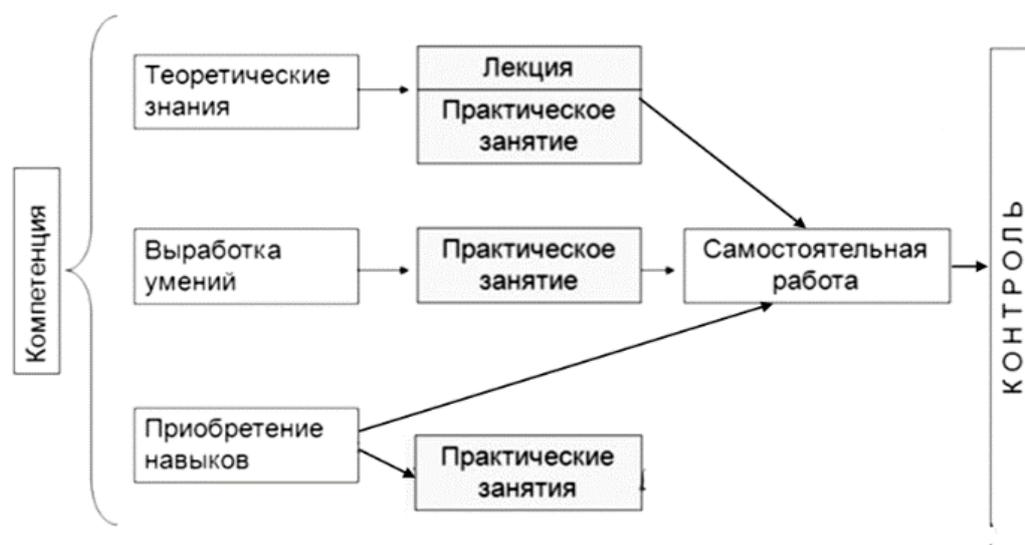


Рисунок 2.3 – Схема управления учебным процессом по формированию компетенций

Выделены следующие действующие лица процесса: преподаватель, студент.

Выделены следующие процессы: чтение лекций, формирование и преподавание студентам теоретического материала, проведение практических занятий, проведение тестирования, проверка и оценка знаний (аттестация).

Функции преподавателя регулируются учебным планом и рабочей программой дисциплины: вести лекционные, практические и лабораторные занятия; принимать экзамены и зачеты, проводить тестирование и аттестацию; оценивать уровень сформированности компетенций.

Студент проходит обучение; формирует компетенции; проходит аттестацию и ликвидирует задолженности

Анализ процессов:

- статистические данные фиксируются после прохождения контрольных точек по каждой дисциплине (тестирование, контрольные работы, аттестация);
- формируются списки студентов, прошедших и непрошедших аттестацию;
- составляется расписание пересдач неудовлетворительных оценок;
- устанавливается период сдачи экзаменов, зачетов, курсовых проектов;
- формируются списки студентов на отчисление;
- определяются контрольные точки;
- информация об изученных каждым студентом дисциплинах сохраняется в базе;
- формируется отчетность о результатах обучения каждого студента.

Учебный процесс содержит повторение одних и тех же воздействий на студента до тех пор, пока не будут сформированы все необходимые компетенции. Алгоритм учебного процесса представлен на рисунках 2.4, 2.5.

Самого обучающегося будем представлять математически как автомат с определенным конечным набором состояний. Состояния автомата определяются внешними воздействиями. Однако заметим, что для автомата можно рассматривать только последовательные переходы состояний. Такая модель не может быть использована для описания учебного процесса, поскольку студент изучает дисциплины не только последовательно, но и параллельно. Причем успеваемость по этим дисциплинам у одного и того же обучающегося может быть различной.

Все переходы из одного состояния в другое имеют ненулевую временную протяженность. Поэтому для моделирования учебного процесса была применена сеть Петри.

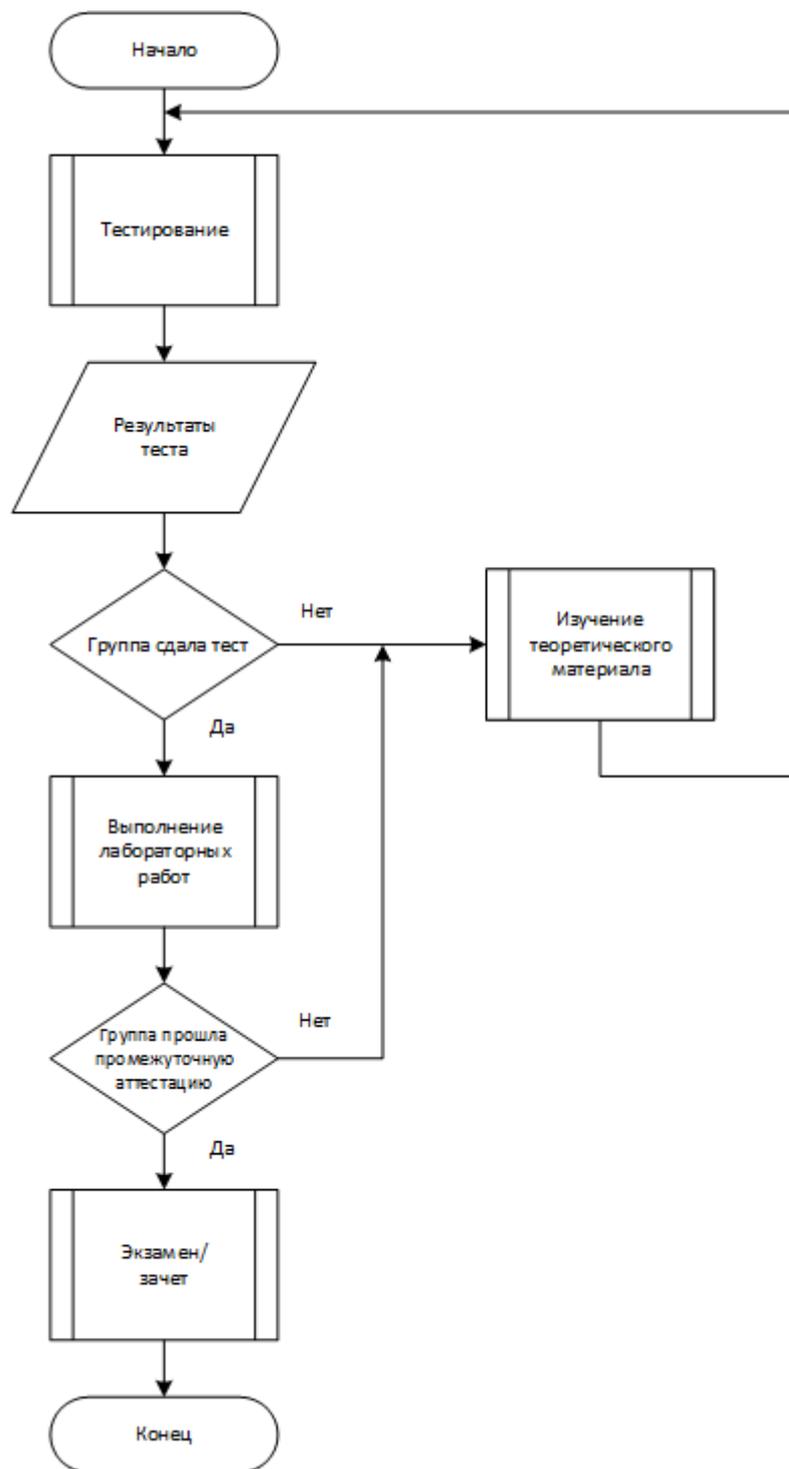


Рисунок 2.4 – Алгоритм процесса освоения дисциплины для всей группы студентов

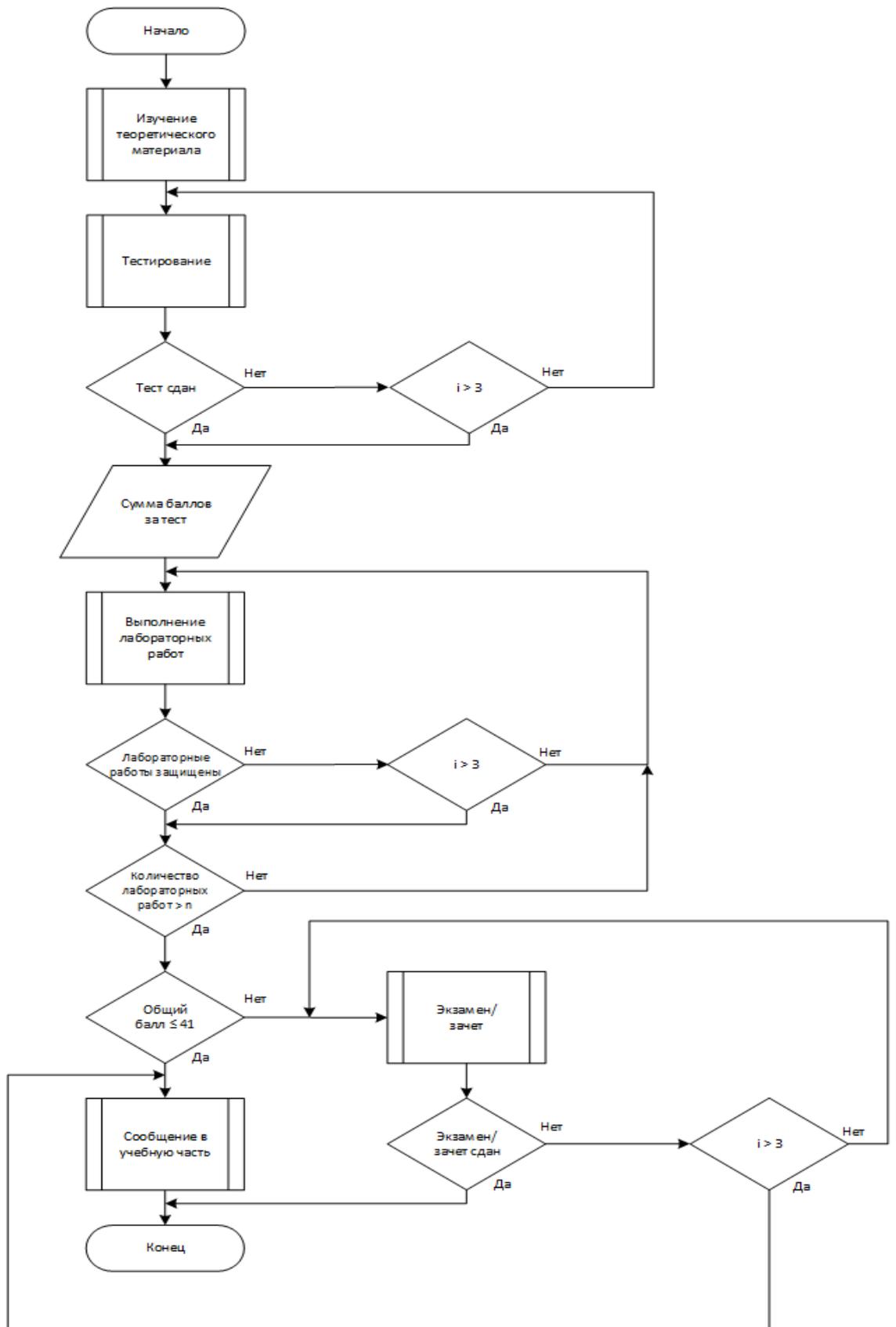


Рисунок 2.5 – Алгоритм процесса освоения дисциплины для одного студента

Каждому определенному состоянию процесса обучения в соответствие будет поставлена определенная позиция сети. Фишка – это обучающийся, переход – это процесс изучения определенной темы. Срабатывание перехода – это прохождение аттестации после окончания изучения темы. Каждую фишку снабдим определенным цветом, чтобы такой атрибут нес информацию о наличии или отсутствии у обучающегося одной или нескольких задолженностей.

При превышении допустимого количества задолженностей студент подлежит отчислению. Переход разрешен, только при равенстве числа фишек на входе и числа входных дуг, и совпадении цветов фишек с цветами дуг. Когда переход разрешен, фишка со статусом «изучается» (статус «изучается» - состояние обучающегося до прохождения аттестации по целой теме или по всей дисциплине) убирается из позиции. Одновременно с этим в позицию встает фишка со статусом «изучено» (статус «изучено» означает запись баллов или оценок за аттестацию). Фишка со статусом «изучается» устанавливается в позицию, соответствующую следующей теме дисциплины.

Сеть Петри содержит два вида узлов, так же как это отражено на блок – схеме, показанной выше. Все фишки должны перемещаться по сети, следуя установленным правилам. Переходы сети на блок-схеме представлены ромбами и прямоугольниками. Каждая позиция фишек на блок-схеме изображена дугой. Таким образом, создав и визуализировав всю логическую последовательность событий процесса, мы можем управлять информационными потоками в системе.

Модель образовательного процесса может быть выражена в виде следующего кортежа

$$C = \langle P, T, F, N, m_0, cf \rangle,$$

где  $P = \{p_1, p_2, \dots, p_n\}$  – множество позиций  $p_i$ , и каждая из позиций соответствует определенному этапу образовательного процесса,

$T = \{t_1, t_2, \dots, t_k\}$  – множество переходов  $t_i$ , где каждый переход соответствует отдельному заданию, а срабатывание перехода означает, что задание студентом выполнено,  $k$  – число переходов;

$F = P \times T \cup T \times P$  – отношение инцидентности, которое описывает множество дуг, направленных от позиций к переходам и от переходов к позициям;

$N = \{n_1, n_2, \dots, n_v\}$  – множество цветов  $n_i$  сети Петри,  $v$  – число цветов;

$m_0 : P \rightarrow N^0$  – функция, задающая начальную разметку сети Петри;

$cf : F \rightarrow N$  – функция, задающая раскраску дуг сети Петри;

$M = P \times N^0$  – множество всех возможных разметок сети Петри;

$n_i = (Sost\_Stud, Ball, Num\_grup, Cod\_Discipl)$ ,

где  $Sost\_Stud = \{ "Изучается", "Изучен" \}$  – состояние изученности;

$Ball = \{1, \dots, 100\}$  – компонент цвета, идентифицирующий сумму набранных баллов в процессе изучения конкретной темы или целой дисциплины. Модель на рисунке 2.6 описывает поведение одного студента в процессе обучения по одной дисциплине.

Будем использовать вложенную сеть Петри (Nested Petri Nets - NPN) с целью повышения производительности сети. Такая сеть представляет собой основную сеть ЕС и совокупность сетей-фишек (вложенных сетей)  $C_i$ , где  $i = 1, \dots, n$  (схема вложенной сети представлена на рисунке 2.7). Важным условием является наличие связи между некоторыми переходами основной сети и переходами сетей-фишек. Задачей такой связи является разрешение совместного срабатывания всех сетей. Переходы, между которыми установлена такая связь, называются помеченными. На рисунке 2.7. каждая фишка основной сети ЕС содержит  $n$  раскрашенных подсетей. Раскрашенные подсети как раз и позволяют моделировать поведение каждого обучающегося в процессе обучения.

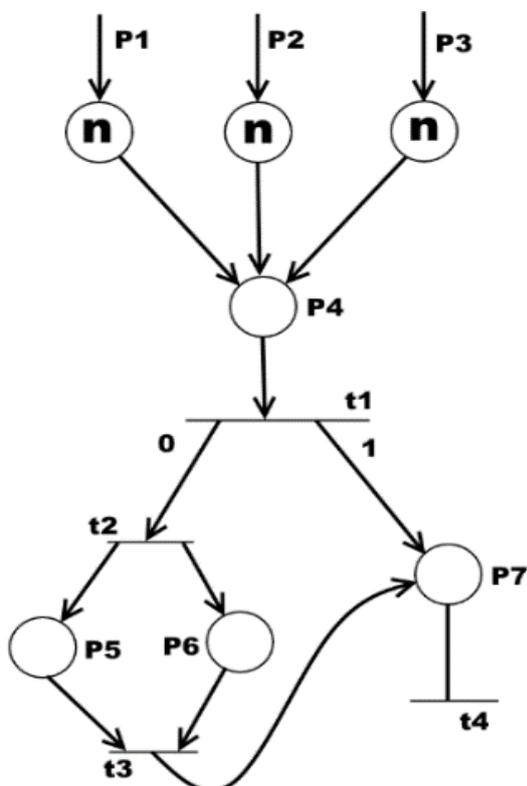


Рисунок 2.6 – Раскрашенная сеть Петри (сеть С), моделирующая изучение дисциплины каждым обучающимся

При полной обеспеченности ресурсами в таких сетях Петри могут возникать шаги срабатывания четырех типов:

- автономный шаг – срабатывание непомеченного перехода в основной сети;
- подсистемный автономный шаг – срабатывание непомеченного перехода в сети - фишке  $C_i$ ;
- горизонтальная синхронизация – одновременно срабатывают переходы в сетях - фишках  $C_i$ , помеченные одинаковыми метками;
- вертикальная синхронизация – одновременно срабатывают переходы в основной сети ЕС и сетях - фишках  $C_i$ , имеющие одинаковые метки.

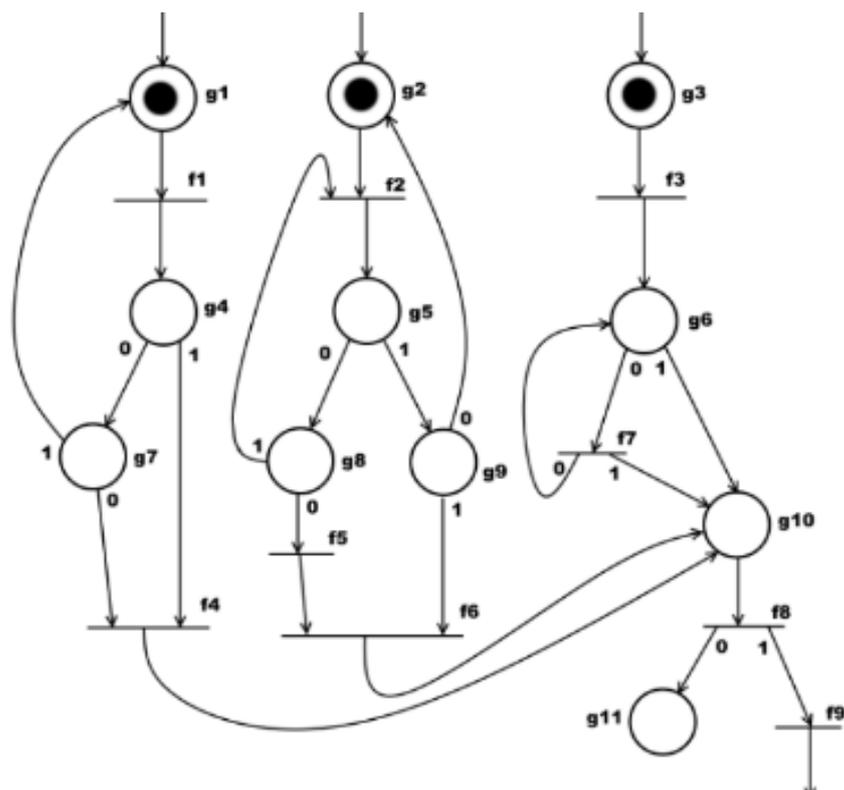


Рисунок 2.7 – Вложенная сеть ЕС

Мы будем анализировать только вертикальную синхронизацию.

Позиции  $p_1, p_2, p_3, p_7$  на рисунке 2.7 соотносятся по смыслу с позициями  $g_1, g_2, g_3, g_{10}$  на рисунке 2.6.

Переходы  $f_4, f_6, f_7$  и  $t_1$  должны срабатывать одновременно. Это означает, что следующие действия должны быть синхронизированы:

- появление обучающегося в системе порождает в сети ЕС подсеть  $S$  в виде фишки  $s$ , входящей в цветовое множество  $STUDENT$ ;
- окончание процесса освоения теоретического материала и выполнение теста - срабатывание переходов  $f_i$ ;
- окончание выполнения теста и переход к аттестации - срабатывание перехода  $f_4$ ;
- окончание выполнения лабораторных работ - срабатывание переходов  $f_2$ ;

- окончание защиты лабораторных работ и переход к оцениванию -  $f_6$ ;
- выполнение курсового проекта и переход к защите –  $f_7$ .

Сеть ЕС позволяет определить число набранных баллов во время аттестации по данной дисциплине. Для этого введены дополнительные переменные, задаваемые цветовыми множествами:

Color BALL = integer;

Color Failure = Boolean;

и соответствующие переменные:

var  $\beta$ : BALL, var  $\gamma$ : Failure.

Переменная  $\beta$  соответствует числу баллов обучающегося при аттестации по дисциплине. Сначала в позиции  $g_{10}$  стоит 100 баллов, и при каждой неудовлетворительной оценке число в этой позиции будет уменьшаться. По окончании обучения срабатывает переход  $f_8$ . Переходы  $f_8$  и  $t_4$  являются помеченными переходами.

Минимальное количество баллов для положительной оценки составляет  $b_0$  баллов. Если текущее значение переменной  $\beta$  окажется меньше  $b_0$ , то образовательный процесс признается неудачным, аттестация – непройденной, и переменная  $\gamma$  принимает значение true, которое передается в позицию  $g_{11}$  при срабатывании перехода  $t_8$ . Все остальные переходы при этом блокируются.

Описанную модель предлагается использовать в качестве алгоритма функционирования интеллектуального модуля информационной системы для поддержки образовательного процесса. При разработке программного кода каждый переход сети должен быть описан процедурой, входные дуги перехода должны соответствовать аргументам, выходные – возвращаемым значениям процедуры.

### **2.2.2 Алгоритм оценки эффективности работы кафедр университета**

В данном разделе сделан акцент на исследование влияния деятельности подразделений университета на эффективность управления его деятельностью в целом и на разработку алгоритма оценки эффективности деятельности кафедры.

В качестве примера исследованию будут подлежать процессы деятельности кафедр иностранных языков (ИЯ) различных структурных подразделений (институтов и факультетов) Российского университета дружбы народов (РУДН).

Будем считать кафедру элементарной структурной единицей вуза. Первой задачей является определение наиболее значимых факторов, влияющих на рейтинговые показатели кафедры. Исследованию подлежит деятельность конечного множества идентичных кафедр (в рамках одного вуза кафедры одной направленности функционируют в сходных условиях). Сформируем набор эталонных показателей, отражающих их эффективную и неэффективную деятельность, иными словами, создадим границу эффективности. Разработанные показатели далее могут быть применены для рейтинговой оценки деятельности университета в целом [88, 89].

При разработке алгоритма рейтинговой оценки эффективности деятельности кафедр учитывались показатели следующих методик, актуальных для РУДН:

- показатели, сформированные на основе данных формы 1-Мониторинг [90];
- показатели, сформированные на основе данных результативности Программы «5-100-2020» [91];
- показатели, сформированные на основе данных ведущих международных рейтинговых систем [92].

Перед обработкой экспериментальных данных показатели были

нормализованы, приведены по формуле (2.1) к нормально распределенной величине  $Z$

$$Z = \sum_{i=1}^n \frac{x_i - M(x_i)}{\sigma(x_i)}, \quad (2.1)$$

где  $x_i$  – значения показателя,  $M(x_i)$  – среднее значение,  $\sigma(x_i)$  – среднеквадратическое отклонение.

Проверена гипотеза о нормальности распределения анализируемых показателей. В таблице 2.3 представлены статистические данные показателей, которые были применены в подтверждении гипотезы о нормальности распределения данных.

Наблюдаемое значение  $\chi^2$  экспериментальных данных равно 9,25261, критическое значение  $\chi^2_{кр}$  равно 16,9288 при уровне значимости 0,05 и степени свободы 9. При  $\chi^2 < \chi^2_{кр}$  можно сделать вывод: экспериментальные данные идентифицируются с генеральной совокупностью с нормальным законом распределения, следовательно, будет построена линейная дискриминантная функция.

Мультиколлинеарность проверялась на основе матрицы коэффициентов корреляции. При значениях межфакторного коэффициента свыше 0,07 векторы считались коллинеарными, и для дальнейшего анализа использовался только один из них.

Все показатели деятельности кафедры с помощью иерархической кластеризации были разделены на две группы – «эффективные» и «неэффективные».

Использовался агломеративный алгоритм кластеризации. Такой алгоритм предполагает на начальном этапе, что все объекты являются отдельными кластерами, которые далее объединяются в кластеры больших размеров. Метод

создания кластеров – степень схожести объектов по критерию квадрата евклидова расстояния.

Т а б л и ц а 2.3 – Описание общей статистики нормализованных данных

Показатель	Значение показателя
Дисперсия	0,99999949
Минимум	-1,98658
Максимум	2,95529
Среднее	2,8409E-07
Медиана	-0,2051
Стандартная ошибка	0,95346242
Стандартное отклонение	0,95346242

Для бинарного разбиения достаточно построить одну дискриминантную функцию

$$D = b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_kx_k, \quad (2.2)$$

где  $b_k$  – весовые коэффициенты значимых признаков,  $x_k$  – значения признаков.

Равенство (2.2) определяет принадлежность исследуемых объектов к определенной группе. На первом шаге дискриминантного анализа был осуществлен выбор дискриминантных переменных, которые являются отличительными признаками каждой группы. Зависимая переменная была отнесена к номинальному типу «эффективная / неэффективная», независимая – к метрическому типу (стандартизованные показатели деятельности кафедр). Выбор выполнялся по F-критерию: различия средних значений метрической переменной, разбитой по группам номинальной переменной. Дискриминантный анализ выполнялся методом принудительного включения всех переменных.

Указанный метод предусматривает включение всех переменных в модель с последующим их исключением по установленному правилу.

Для экспериментального исследования алгоритма оценки эффективности были взяты основные показатели деятельности двенадцати кафедр иностранных языков разных структурных подразделений РУДН за 2017 год. В качестве обучающей выборки использовались показатели одиннадцати кафедр, а показатели двенадцатой кафедры использовались для прогнозирования (они представлены ниже). В таблице 2.4 кафедры упорядочены и пронумерованы следующим образом: K1, ..., K11.

Для описания деятельности кафедр были отобраны 25 показателей:

- число публикаций в наукометрической базе Web of Science на 1 НПП кафедры;
- число публикаций в наукометрической базе Scopus на 1 НПП кафедры;
- число научных монографий НПП кафедры;
- число защищенных диссертаций НПП кафедры;
- число научных публикаций с зарубежными соавторами для изданий, индексируемых в российских и зарубежных базах WoS/Scopus;
- число поданных заявок на реализацию научных проектов с участием зарубежных ученых, финансируемых из российских и зарубежных источников;
- число научно – технических мероприятий, организованных совместно с зарубежными вузами из Top 500;
- число международных научно – технических мероприятий с публикацией докладов НПП кафедр ИЯ, индексируемых в WoS/Scopus;
- число НПП, участвующих в международных программах / проектах / грантах;

Таблица 2.4 – Экспериментальные показатели деятельности кафедр иностранных языков нескольких структурных подразделений РУДН

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
П1	0,5	0,2	0,1	0,055	0,05	0,49	0,3	0,2	1	1	2
П2	0,5	0,12	0,1	0,055	0,09	0,22	0,2	0,03	0,16	0,1	0,5
П3	1	0	3	1	1	1	0	1	1	1	2
П4	1	2	0	3	1	1	1	0	1	3	1
П5	1	1	2	2	4	1	1	1	4	1	2
П6	1	0	2	0	1	0	1	1	2	1	1
П7	1	1	2	1	1	1	1	1	1	2	1
П8	1	2	2	2	2	2	2	5	6	2	2
П9	1	2	2	4	2	1	1	1	2	3	2
П10	1	6	5	3	8	2	1	5	5	1	1
П11	10	15	30	20	50	15	5	20	22	10	3
П12	1	2	0	10	2	12	2	1	2	2	1
П13	2	2	1	10	6	5	10	1	1	4	2
П14	2	2	3	5	10	3	4	1	6	2	1
П15	1	1	5	7	3	12	1	1	4	4	4
П16	44	30	45	0	70	65	23	40	51	80	43
П17	44	30	45	-*	70	65	23	40	51	80	43
П18	10	10	7	10	15	3	1	10	30	10	10
П19	10	10	5	20	15	3	3	3	3	3	3
П20	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
П21	5	5	2	30	5	2	5	2	3	1	1
П22	15 437	16 475	26 605	9 595	50 568	34 009	14 230	6 706	30 318	10 154	3 926
П23	30	30	25	60	100	40	25	70	70	70	70
П24	5	5	0	0	2	0	1	3	1	1	1
П25	70	70	25	5	60	75	25	70	70	70	70

– число НИР кафедр, принявших участие в экспертизе, рецензировании внешних изданий (проектов);

– число публикаций на иностранном языке за авторством студентов бакалавриата, магистратуры, аспирантуры, обучающихся по программам кафедр ИЯ;

– число студентов, участвующих в НИР по кафедре ИЯ;

- число студентов зарубежных вузов, принявших участие в научно – технических мероприятиях на иностранном языке, организованных кафедрой ИЯ;
- число внешних специалистов-практиков, привлеченных к проведению занятий по ИЯ, межкультурной коммуникации и переводу;
- доля студентов, обучающихся по программам подготовки трудоемкостью свыше 1000 уч. часов, от контингента факультета – граждан РФ (бакалавриат);
- доля студентов, поступивших на программы подготовки переводчиков трудоемкостью свыше 1000 часов, от контингента студентов – граждан РФ, поступивших на 1 курс факультета;
- число студентов, сдавших международные экзамены;
- число студентов, прошедших внешнюю сертификацию в международных языковых школах;
- доля программ ДПО, содержащих дистанционные модули профессионального общения на изучаемом иностранном языке (в процентах от учебного плана);
- число студентов, принявших участие в международных конкурсах;
- прирост доходов по программам ДПО свыше 1000 академических часов;
- доля актуализированных программ по дисциплинам ИЯ от объема ООП ВО;
- число студентов, прошедших внешнюю сертификацию по ИЯ в результате участия в языковых олимпиадах и иных мероприятиях, предусматривающих сертификацию;
- доля обновленных рабочих программ дисциплин в рамках ООП ВО, использующих образовательные ресурсы для самостоятельного изучения ИЯ в

электронной среде (ТУИС);

– показатель эффективности с учетом общей дорожной карты для факультета/института/университета.

В таблице 2.4 каждый показатель пронумерован следующим образом: П1, ..., П25.

В результате анализа мультиколлинеарности из дальнейшего рассмотрения были исключены следующие показатели: П5, П6, П8, П7, П10, П15, П16, П20, П24.

Методом медианы сформирован рейтинг кафедр, представленный на рисунке 2.8.

Поскольку заранее предполагалось разбить всю выборку на два кластера, было решено использовать итерационный метод кластеризации. На каждом шаге итерации определялось положение центра кластеров. Близость объектов измерялась с применением квадрата евклидова расстояния  $\Sigma(x_i - y_i)^2$ .

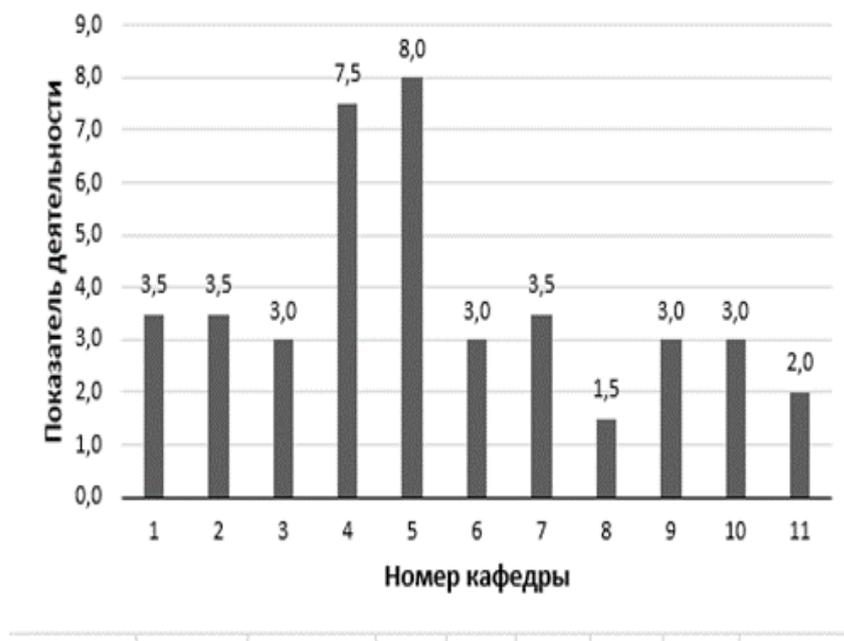


Рисунок 2.8 – Обобщенный показатель оценки эффективности деятельности кафедры

Расстояние между кластерами было рассчитано по методу Уорда (Варда) – методу объединения в кластеры по минимальному приросту внутригрупповой дисперсии. По скачку расстояния агломерации была определена граница кластеров (скачок в значении коэффициентов на 8 шаге в таблице 2.5).

На втором этапе кластерного анализа устанавливалась принадлежность кафедр к группам:

«Эффективные» – К5, К4, К1, К2, К7;

«Неэффективные» – К3, К9, К6, К11, К8, К10.

Величина различия групп, которая оценивалась по значениям их центроидов: 1 группа – 16, 417, 2 группа – -19,701, показывает большую степень разделения классов.

Граница эффективности составляет 3,5. Методом дискриминантного анализа было составлено дискриминантное уравнение, использующее номинальную зависимую переменную: «эффективные» (код – 1) и «неэффективные» (код – 2).

Независимые переменные – показатели деятельности кафедры (П1, ..., П25).

Отличительными признаками группы могут быть только переменные, статистически значимое различие.

Было определено частное значение  $\Lambda$ -критерия Уилкса, которое показывает, насколько отдельный признак реализовать классифицирующую функцию.  $\Lambda$ -критерий Уилкса коррелирует с межгрупповой дисперсией: значение тем меньше, чем больше межгрупповая дисперсия по отношению к внутригрупповой. Межгрупповая дисперсия равна 0,01362. Минимальный уровень допуска был принят равным 0,001.

Т а б л и ц а 2.5 - Порядок агломерации кластеров

Этап	Объединенный кластер		Коэффициенты	Этап первого появления кластера		Следующий этап
	Кластер 1	Кластер 2		Кластер 1	Кластер 2	
1	1	2	4,889	0	0	2
2	1	8	12,192	1	0	5
3	10	11	21,707	0	0	6
4	6	7	32,212	0	0	5
5	1	6	43,167	2	4	7
6	9	10	55,042	0	3	8
7	1	3	69,307	5	0	8
8	1	9	89,805	7	6	9
9	1	5	118,423	8	0	10
10	1	4	160,000	9	0	0

Таким образом, в модель не вошли переменные, представленные в таблице 2.6.

Т а б л и ц а 2.6 – Нормализованные переменные, не соответствующие критерию допуска

	Внутригрупповая дисперсия		Критерий допуска	Λ-критерий Уилкса
	D1	D2		
ZП14	1,526992	0,490146	0,001	0,0001
ZП18	0,458336	1,574148	0,001	0,0023
ZП19	1,148446	0,018998	0,001	0,00011
ZП21	1,825542	0,008276	0,001	0,000135
ZП22	1,385405	0,872522	0,001	0,0031
ZП23	1,619783	0,640659	0,001	0,00015
ZП25	1,428519	0,587324	0,001	0,00013

В процессе выполнения анализа получено уравнение канонической дискриминантной функции. В таблице 2.7 представлены ненормализованные коэффициенты.

Т а б л и ц а 2.7 – Ненормализованные коэффициенты канонической дискриминантной функции

	Функция
	1
Zscore(П1)	-7,475
Zscore(П2)	5,762
Zscore(П3)	3,481
Zscore(П4)	30,173
Zscore(П9)	-16,599
Zscore(П11)	8,190
Zscore(П12)	-11,449
Zscore(П13)	6,967
Zscore(П17)	-3,367
(Константа)	0,000

$$D = -7,485 \cdot x_1 + 5,762 \cdot x_2 + 3,481 \cdot x_3 + 30,173 \cdot x_4 - 16,599 \cdot x_5 + 8,190 \cdot x_6 - 11,449 \cdot x_7 + 6,867 \cdot x_8 - 3,367 \cdot x_9. \quad (2.3)$$

Далее полученное уравнение использовалось, как правило, для распределения по группам исследуемых объектов. В нашем случае определена группа для двенадцатой кафедры, которая изначально была исключена из анализа. В таблице 2.8 представлены показатели двенадцатой кафедры.

Т а б л и ц а 2.8 – Показатели контрольной кафедры

		П1	П2	П3	П4	П5	П6	П7	П8	П9	П10	П11	П12
К12		1	0,7	2	2	1	1	1	2	2	0	2	1
	П13	П14	П15	П16	П17	П18	П19	П20	П21	П22	П23	П24	П25
К12	2	1	4	20	43	5	3	3	1	4250	80	0	80

Уравнение (2.4) содержит расчет значения функции для двенадцатой кафедры

$$D = -7,485 \cdot 1 + 5,762 \cdot 0,7 + 3,481 \cdot 2 + 30,173 \cdot 2 - 16,599 \cdot 2 + 8,190 \cdot 2 - 11,449 \cdot 1 + 6,867 \cdot 2 - 3,367 \cdot 43 = -95,449 \quad (2.4)$$

Константа дискриминации равна полусумме центроидов:  $D = -1,642$ . Поэтому с вероятностью 0,999 кафедру можно отнести к «неэффективным».

Весь анализ выполнялся с нормализованными значениями данных. Нормализованные и исходные данные хорошо коррелируют друг с другом (таблица 2.9).

Методом кластерного анализа вся выборка была разбита на два кластера. Степень различия кластеров определялась по значениям их центроидов: 1 группа – 16,417; 2 группа – -19,701.

Т а б л и ц а 2.9 – Связь нормализованных и исходных данных

Zscore(П23) <sup>a</sup>	-0,442
Zscore(П22) <sup>a</sup>	0,376
Zscore(П14) <sup>a</sup>	0,277
Zscore(П18) <sup>a</sup>	0,240
Zscore(П25) <sup>a</sup>	-0,192
Zscore(П19) <sup>a</sup>	-0,182
Zscore(П21) <sup>a</sup>	-0,102
Zscore(П4)	0,042
Zscore(П3)	-0,036
Zscore(П13)	0,034
Zscore(П1)	-0,019
Zscore(П9)	0,017
Zscore(П17)	-0,009
Zscore(П2)	-0,004
Zscore(П11)	0,001
Zscore(П12)	0,000

Т а б л и ц а 2.10 – Распределение по группам

Группа	Предсказанная принадлежность к группе		Всего
	1	2	
<b>Количество</b>			
1	6	0	6
2	0	5	5
<b>Исходный %</b>			
1	100,0	0,0	100,0
2	0,0	100,0	100,0

Уравнение (2.4) составлено на основе объектов с известной групповой принадлежностью. Этот факт позволил максимально точно подобрать коэффициенты. Значения канонической корреляции и уровень значимости говорят о высоком качестве построенной дискриминантной модели (таблица 2.11).

Т а б л и ц а 2.11 – Описательная статистика

Функция	Собственное значение	% дисперсии	Суммарный %	Каноническая корреляция
1	395,312 <sup>a</sup>	100,0	100,0	0,999
Критерий для функций	Лямбда Уилкса	Хи-квадрат	Ст. св	Значимость
1	0,003	26,920	9	0,001

Предложенная классификация структурных подразделений и перспективный прогноз могут быть далее использованы при создании модуля управленческой информационной системы для формирования рейтинговой оценки деятельности университета в целом [93-101].

## **2.3 Алгоритмы определения значимых факторов и показателей деятельности университета, существенно влияющих на его конкурентоспособность**

### **2.3.1 Анализ показателей оценки эффективности структурных подразделений университета**

Задачей автора было выявление значимых факторов для оценки структурных подразделений, влияющих на рейтинговый показатель всего университета. Для этого выполнен статистический анализ данных структурных подразделений МГПУ и РУДН за 2017 год. С помощью корреляционного анализа данные были выявлены и систематизированы внутренние связи, и понижена размерность математической модели. Построена матрица коэффициентов корреляции, проведен анализ мультиколлинеарности векторов. В результате исследования выбраны значимые факторы, влияющие на рейтинг структурного подразделения вуза. Значимые факторы отбирались на данных МГПУ. Построена регрессионная модель.

Интерпретация параметров модели показала, что увеличение на единицу, например, такого параметра, как «отношение количества защитившихся соискателей и аспирантов к количеству выпускников» приводит к увеличению «рейтинга соответствующего подразделения вуза» в среднем на 0,696 единицы измерения. Такой анализ проведен по каждому показателю работы подразделений, которые участвуют в общей оценке деятельности университета. Наибольшее влияние на рейтинговую оценку подразделения оказывает среднее значение индекса Хирша.

Проверка модели проводилась с помощью показателей структурных подразделений РУДН. Наиболее весомый вклад в модель дает параметр «Количество публикаций научно-педагогических работников (НПР) в журналах,

входящих в перечень ВАК». Этот фактор сравним со значимым фактором регрессионной модели по показателям МГПУ («среднее значение индекса Хирша»).

Сравнивая результаты анализа структурных подразделений различных вузов можно сделать вывод о том, что перечень факторов, оказывающих наибольшее и наименьшее влияние на рейтинг подразделения, одинаков.

Таким образом, с использованием текущих статистических данных университета создана основа разработки системы поддержки принятия управленческих решений для повышения рейтинговой оценки деятельности вуза.

Деятельность вуза затрагивает различные стороны жизни: экономическую, творческую, научную. На фоне развивающегося рынка платных образовательных услуг в России университет точно должен уметь определять приоритеты: сворачивать нерентабельные образовательные и исследовательские программы, эффективно распределять ресурсы между структурными подразделениями, выбирать наиболее важные целевые показатели для достижения наивысших рейтинговых позиций. Для решения указанных задач при стратегическом управлении университетом необходима точная динамически изменяемая оценка положения вуза в отечественных и зарубежных рейтинговых системах.

Существует множество статистических и аналитических методов оценки показателей деятельности предприятий и организаций, однако все они не могут быть применены для вузов, поскольку основная деятельность университета – образовательная – имеет ряд специфических особенностей. Образовательная деятельность относится к творческому виду деятельности. Многие авторы предлагают использовать модель оценки вуза по показателям, которые поддаются точному измерению [102 - 104].

Т а б л и ц а 2.12 - Показатели структурных подразделений МГПУ за 2017 год

		ИГН	ИМ	ИГНУ	ИИЯ	ИКИ	ИМИЕН	ИППО	ИПССО	ИСОКР	ЮИ	ПИФКИС
	<b>Показатель</b>											
<b>X1</b>	Отношение количества защитившихся соискателей и аспирантов к количеству выпускников	0,04	0	0,1	0,25	0,3	0,1	0,05	0	0,2	0	0
<b>X2</b>	Средний балл ЕГЭ 2016 года	73,1	67,4	73,4	79,3	71,3	68,6	64	70,5	65,1	67,7	59,7
<b>X3</b>	Количество иностранных студентов и стажеров	12	55	159	90	20	14	25	6	36	23	5
<b>X4</b>	Соотношение работников (ППС), имеющих ученую степень, в возрасте до 45 лет к общему штатному количеству ППС по институту	0,29	0,27	0,24	0,33	0,27	0,21	0,29	0,22	0,22	0,26	0,11
<b>X5</b>	Количество учебных материалов на одну учебную дисциплину в системе дистанционного обучения Moodle	6,46	0,55	7,9	7,68	22,38	8,62	3,68	7,31	13,88	10,74	9,14
<b>X6</b>	Среднее значение индекса цитируемости (вес 0,5)	39,1	75	80,9	54,5	52,1	135,5	170,1	331,3	203,8	122,9	53,4
<b>X7</b>	Среднее значение индекса Хирша (вес 0,5)	1,7	2,6	3,1	2,1	2,4	3,3	3,3	6,2	4,2	3,4	1,7
<b>X8</b>	Количество учебников, вошедших в Федеральный перечень (2016/2017) (вес 0,5)	13	0	11	56	9	17	4	0	0	0	0
<b>X9</b>	Количество студентов, принявших участие в социально-значимых проектах города Москвы к общему количеству студентов (вес 0,5)	6,4	5,7	9,2	60	87,7	13,2	49,9	100	74,1	78,1	44,2
<b>X10</b>	Доля студентов, получающих особые стипендии	39	24	41	35	31	49	43	71	52	40	28
<b>X11</b>	Количество студентов, принявших участие в волонтерских проектах к общему количеству студентов (вес 0,5)	48,4	28,14	23,6	10,8	10,5	8,9	10,2	7,8	16,3	5	20,3
<b>X12</b>	Письменные обращения студентов и преподавателей (вес обратный)	3	1	0	2	1	2	2	1	0	0	0
<b>X13</b>	Приведенный контингент студентов/приведенные ставки (обратный)	8,9	7,5	10,9	9,1	7,4	9,6	10,5	10,3	8,8	9,6	11,8
<b>X14</b>	Соотношение стимулирующей части заработной платы ППС института к стим. ФОТ (обратный)	75,78	69,63	78,27	80,01	84,6	81,54	81,84	78,89	87,52	76,87	58,46
<b>X15</b>	Размер среднемесячной заработной платы ППС (обратный)	85085,47	103236,84	97409,8	66964,6	95035,7	92825,5	126453,5	117096,5	109355,9	118706,4	82419,4
<b>X16</b>	Отношение расходов (объем расходов на заработную плату работников института) к доходам института	62,02	68,91	49,97	50,95	51,85	54,16	52,74	52,78	51,54	48,06	51,05

Показатели могут быть разделены на три группы: описывающие учебный процесс, экономические, описывающие научно-исследовательскую деятельность [105, 106].

В условиях необходимости сокращения количества вузов с одной стороны и повышения объективной роли высшей школы с другой стороны - вызывает особый интерес реформирование деятельности высших учебных заведений.

Для анализа показателей авторами исследовались данные по подразделениям (институтам) МГПУ за 2017 год (таблица 2.12).

Глобальная задача – выявление факторов, которые наиболее сильно влияют на оценку рейтинга всего университета. Эти факторы войдут в математическую модель описания деятельности вуза. Для понижения размерности математической модели, для систематизации данных, обнаружения внутренних связей был проведен корреляционный анализ данных (таблица 2.13).

Т а б л и ц а 2.13 - Матрица парных коэффициентов корреляции

	Столбец 1	Столбец 2	Столбец 3	Столбец 4	Столбец 5	Столбец 6	Столбец 7	Столбец 8	Столбец 9	Столбец 10	Столбец 11	Столбец 12	Столбец 13	Столбец 14	Столбец 15	Столбец 16
Столбец 1	1															
Столбец 2	0,467647	1														
Столбец 3	0,250104	0,50728	1													
Столбец 4	0,355816	0,697886	0,294186	1												
Столбец 5	0,686003	0,057332	-0,16261	-0,12127	1											
Столбец 6	-0,23909	-0,19534	-0,27693	-0,16584	-0,08406	1										
Столбец 7	-0,18282	-0,0721	-0,13049	-0,11706	-0,01314	0,968945	1									
Столбец 8	0,548308	0,757916	0,393168	0,519676	-0,02128	-0,36355	-0,35437	1								
Столбец 9	0,292841	-0,04413	-0,34704	-0,02015	0,564911	0,529882	0,525084	-0,09143	1							
Столбец 10	-0,11814	0,065515	-0,18691	-0,10018	0,01189	0,902623	0,890795	-0,15332	0,423105	1						
Столбец 11	-0,23018	0,107809	0,10388	0,077511	-0,32225	-0,46579	-0,48775	-0,05749	-0,67296	-0,33228	1					
Столбец 12	0,075231	0,417368	-0,22725	0,55227	-0,30054	-0,15469	-0,25161	0,476732	-0,32189	0,02077	0,336342	1				
Столбец 13	-0,46493	-0,34387	0,081341	-0,56236	-0,2662	0,219076	0,140197	-0,1211	-0,03565	0,271315	-0,13969	-0,25395	1			
Столбец 14	0,618209	0,403259	0,115605	0,53493	0,404416	0,358576	0,415938	0,20588	0,34067	0,480077	-0,33807	0,197154	-0,40319	1		
Столбец 15	-0,395	-0,45764	-0,23318	-0,00662	-0,10095	0,671075	0,669251	-0,71212	0,330775	0,453649	-0,34894	-0,27534	0,069737	0,290785	1	
Столбец 16	-0,30713	0,012684	-0,11296	0,221609	-0,52693	-0,21647	-0,23557	-0,13262	-0,57889	-0,31681	0,660681	0,429226	-0,5151	-0,2676	-0,08075	1

На основе матрицы коэффициентов корреляции проведен анализ мультиколлинеарности [107]. Если в матрице есть межфакторный коэффициент

корреляции, значение которого больше 0,7, то в данной модели множественной регрессии существует мультиколлинеарность [108].

В нашем случае столбцы 6, 7, 10 имеют  $|r| > 0,7$ , что говорит о мультиколлинеарности факторов и о необходимости исключения одного из них из дальнейшего анализа. Исключим фактор 7 – «Доля студентов, получающих особые стипендии». Факторные признаки, у которых  $|r_{yxi}| < 0,01$ , исключаем из модели, поскольку теснота связи низкая, межфакторная связь слабая [109]. Исключаем столбец 4 – «Соотношение работников (ППС), имеющих ученую степень, в возрасте до 45 лет к общему штатному количеству ППС по институту». Наибольшее влияние на результативный признак (рейтинг подразделений МГПУ) оказывает фактор «Столбец 6» ( $r = 0,9689$ ), и при построении модели он войдет в регрессионное уравнение первым.

Обновленные данные для дальнейшего исследования представлены в таблице 2.14.

Т а б л и ц а 2.14 - Скорректированные данные показателей МГПУ

X1	X2	X3	X5	X6	X8	X9	X10	X11	X12	X13	X14	X15	X16	Y
0,04	73,1	12	6,46	39,1	13	6,4	39	48,4	3	8,9	75,78	85085,47	62,02	8
0	67,4	55	0,55	75	0	5,7	24	28,14	1	7,5	69,63	103236,84	68,91	4
0,1	73,4	159	7,9	80,9	11	9,2	41	23,6	0	10,9	78,27	97409,8	49,97	5
0,25	79,3	90	7,68	54,5	56	60	35	10,8	2	9,1	80,01	66964,6	50,95	10
0,3	71,3	20	22,38	52,1	9	87,7	31	10,5	1	7,4	84,6	95035,7	51,85	6
0,1	68,6	14	8,62	135,5	17	13,2	49	8,9	2	9,6	81,54	92825,5	54,16	7
0,05	64	25	3,68	170,1	4	49,9	43	10,2	2	10,5	81,84	126453,5	52,74	1
0	70,5	6	7,31	331,3	0	100	71	7,8	1	10,3	78,89	117096,5	52,78	2
0,2	65,1	36	13,88	203,8	0	74,1	52	16,3	0	8,8	87,52	109355,9	51,54	3
0	67,7	23	10,74	122,9	0	78,1	40	5	0	9,6	76,87	118706,4	48,06	11
0	59,7	5	9,14	53,4	0	44,2	28	20,3	0	11,8	58,46	82419,4	51,05	9

Результаты множественного регрессионного анализа представлены в таблицах 2.15, 2.16.

Т а б л и ц а 2.15 - Множественный регрессионный анализ данных

Регрессионная статистика	
Множественный R	0,99
R-квадрат	0,97
Нормированный R-квадрат	0,935
Стандартная ошибка	0
Наблюдения	11

Множественный ( $R = 0,99$ ) означает сильную связь между опытными данными и расчетными.

R-квадрат определяет качество уравнения множественной регрессии - 97% опытных данных могут быть объяснены полученным уравнением регрессии. Остальные 3 % изменений  $Y$  объясняются факторами, не учтенными в модели. Нормированный R-квадрат служит для сравнения разных моделей регрессии при изменении состава объясняющих переменных [110]. Этот показатель может уменьшаться при введении в модель новых объясняющих переменных, не оказывающих существенного влияния на зависимую переменную [111].

Нижние 95% и верхние 95% доверительные интервалы для коэффициентов регрессии построены только для значимых коэффициентов [112].

Уравнение регрессии будет записано в виде

$$Y_i = a_0 + a_1X_{1i} + a_2X_{2i} + \dots + a_kX_{ki} + \varepsilon_i \quad (2.5)$$

В результате расчетов было получено уравнение множественной регрессии

$$Y_i = -21,22 + 0,696 \cdot X_1 - 0,133 \cdot X_2 - 0,02091 \cdot X_3 + 0,310049 \cdot X_4 - 0,09682 \cdot X_5 + 0,104849 \cdot X_6 - 5,05347 \cdot X_7 - 0,14537 \cdot X_8 + 0,000192 \cdot X_9 \quad (2.6)$$

Т а б л и ц а 2.16 - Результаты регрессионного анализа со значимыми коэффициентами

	Коэффициенты	Стандартная ошибка	Нижние 95%	Верхние 95%	Нижние 95,0%	Верхние 95,0%
Y	-21,21964166	0	-21,2196	-21,2196	-21,2196	-21,2196
X 1	0	0	0	0	0	0
X 2	0,69564223	0	0,695642	0,695642	0,695642	0,695642
X 3	-0,132555434	0	-0,13256	-0,13256	-0,13256	-0,13256
X 4	0	0	0	0	0	0
X 5	-0,020905163	0	-0,02091	-0,02091	-0,02091	-0,02091
X 6	0,31004947	0	0,310049	0,310049	0,310049	0,310049
X 7	-0,096823644	0	-0,09682	-0,09682	-0,09682	-0,09682
X 8	0	0	0	0	0	0
X 9	0,104848786	0	0,104849	0,104849	0,104849	0,104849
X 10	-5,053470534	0	-5,05347	-5,05347	-5,05347	-5,05347
X 11	0	0	0	0	0	0
X 12	-0,145372772	0	-0,14537	-0,14537	-0,14537	-0,14537
X 13	0,000192198	0	0,000192	0,000192	0,000192	0,000192
X 14	-0,288389776	0	-0,28839	-0,28839	-0,28839	-0,28839

Интерпретация параметров модели: увеличение  $X_1$  («отношение количества защитившихся соискателей и аспирантов к количеству выпускников») на 1 единицу измерения приводит к увеличению  $Y$  («рейтинга соответствующего подразделения вуза») в среднем на 0,696 единицы измерения; увеличение  $X_2$  на 1 единицу измерения приводит к увеличению  $Y$  в среднем на 1,915 единицы измерения и так далее. По максимальному коэффициенту  $a_7 = 5,05347$  делаем вывод, что наибольшее влияние на результат  $Y$  оказывает фактор  $X_7$  («среднее значение индекса Хирша»).

График нормального распределения позволяет визуально оценить степень зависимости между переменными  $X$  и  $Y$  (рисунок 2.11).

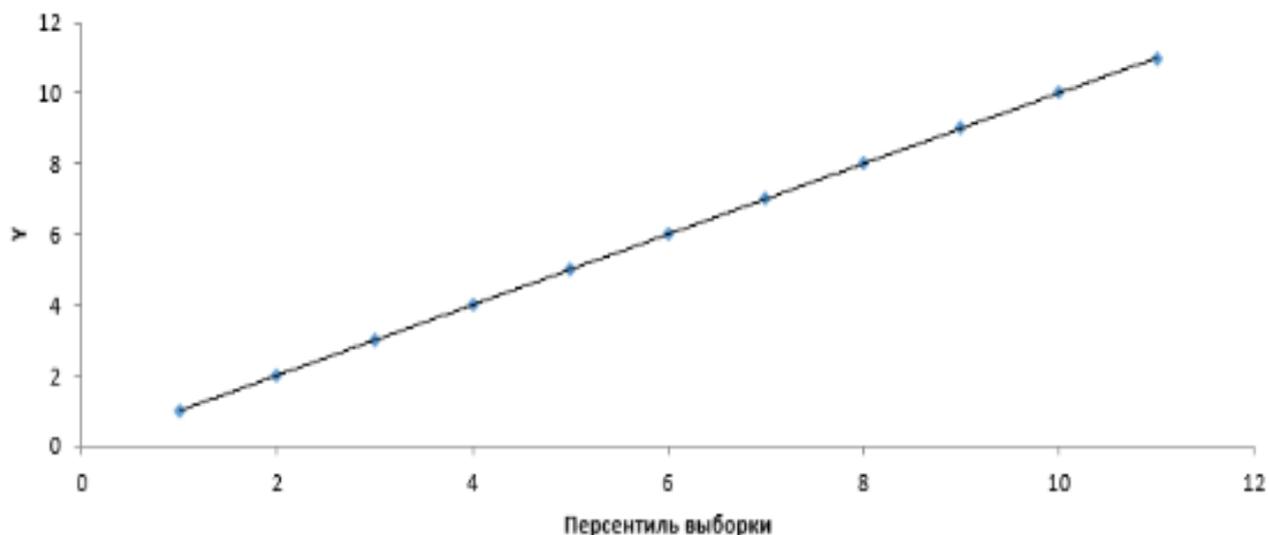


Рисунок 2.11 – График нормального распределения полученного регрессионного уравнения

На графике показано приближение полиномиальной линией тренда со степенью 3.

В таблице 2.17 представлены данные показателей структурных подразделений РУДН за 2017 год.

Для анализа факторов на мультиколлинеарность была построена корреляционная матрица (таблица 2.18).

Для векторов значение  $|r| > 0,7$  говорит о мультиколлинеарности факторов и о необходимости исключения одного из них из дальнейшего анализа. Были исключены факторы  $X3$  и  $X4$  («Число ППС-иностранцев, работающих в РУДН на длительной основе (не менее семестра)», «Количество студентов очной формы обучения, участвующих в НИР с оплатой труда от общего количества студентов очной формы обучения в вузе»).

Т а б л и ц а 2.17 – Показатели структурных подразделений РУДН за 2017 год

0		Филологический факультет	ФГСН	Юридический институт	Экономический факультет	ФФМЕН	Аграрно-технологический институт	Экологический факультет	Инженерная академия	Медицинский институт	ИИЯ1	ИИЯ	ИГБИТ
X1	Кол-во защит диссертаций штатных НПР вуза	9	7	6	6	6	3	2	11	12	3	3	0
X2	Количество зачисленных победителей и призеров заключительного этапа Всероссийской олимпиады школьников	6	22	9	7	14	6	5	7	8	2	2	2
X3	Число ППС-иностранцев, работающих в РУДН на длительной основе (не менее семестра)	1	2	3	1	1	1	1	2	1	0	0	1
X4	Количество студентов очной формы обучения, участвующих в НПР с оплатой труда от общего количества студентов очной формы обучения в вузе	2,01	2,01	2,01	2,01	2,01	2,01	2,01	2,01	2,01	2,01	2,01	2,01
X5	Количество учебников и учебных пособий	40	36	34	43	25	46	16	39	62	7	8	3
X6	Коллчество аспирантов	183	206	185	185	116	93	65	141	296	122,9	55,4	53,4
X7	Количество монографий НПР	25	25	23	13	15	12	5	15	13	3	1	1
X8	Количество публикаций НПР, в журналах, входящих в перечень ВАК	297	383	330	249	120	203	98	310	310	60	7	12
X9	Количество встреч (мастер-классов) с выпускниками Университета, видными деятелями России и мира	30	17	16	33	7	14	26	30	23	19	22	21
X10	Количество всероссийских конкурсов, в которых приняли участие студенты	10	9	10	10	10	9	6	7	15	7	0	0
X11	Количество обучающихся, участвующих в профориентационной деятельности на внешнем уровне (на выставках, в школах и др.)	10	110	120	15	10	5	40	17	34	40	14	30
X12	Количество аспирантов, подготовивших публикации на английском языке	4	4	8	4	4	4	4	4	4	0	2	0
X13	Количество призовых мест, полученных обучающимися, студенческими объединениями во внеуниверситетских конкурсах, фестивалях, соревнованиях, всего	5	9	4	4	3	3	32	6	4	8	14	9
X14	Доля штатного ППС в общей численности Университета, приведенного к полной ставке	85,8	87,21	87,69	81,97	87,4	88,84	70,54	85,63	82,58	85,4	79,78	87,04
X15	Число образовательных программ высшего образования, разработанных совместно с предприятиями реального сектора	5	1	7	3	3	3	2	2	1	2	0	12
X16	Объем финансирования НПР/НИОКР из всех	24	24	25	27	85	17	17	35	43	56	3	8
X17		736,81	944,22	869,7	683,98	508,41	509,85	391,55	713,64	910,59	417,31	213,2	241,45
X18	рейтинг	4	1	3	6	8	7	10	5	2	9	12	11

Т а б л и ц а 2.18 – Матрица парных коэффициентов корреляции

	X1	X2	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	X11	X12	X13	X14	X15
X1	1															
X2	0,395003	1														
X3	0,375191	0,535206	1													
X4	-1,3E-16	0	-1,2E-16	1												
X5	0,784742	0,401064	0,407779	-1E-16	1											
X6	0,820983	0,47343	0,38282	-4,4E-16	0,798728	1										
X7	0,646309	0,711996	0,705309	-1,8E-16	0,656576	0,655895	1									
X8	0,779876	0,631568	0,726801	0	0,830094	0,808924	0,893735	1								
X9	0,282584	-0,37319	-0,07235	0	0,172206	0,164444	-0,03098	0,179063	1							
X10	0,712873	0,476859	0,344544	0	0,847146	0,842812	0,664733	0,739392	-0,04671	1						
X11	0,03889	0,52266	0,677927	-1,5E-16	0,018887	0,337694	0,439241	0,444831	-0,25584	0,158427	1					
X12	0,468657	0,461209	0,773909	0	0,614038	0,459977	0,733876	0,71347	-0,06296	0,59057	0,442935	1				
X13	-0,44332	-0,21554	-0,21268	1,34E-16	-0,48519	-0,47868	-0,44336	-0,41099	0,213828	-0,43301	0,053664	-0,15674	1			
X14	0,187966	0,303666	0,317382	3,18E-15	0,219878	0,225874	0,432376	0,314703	-0,44076	0,192418	0,141208	0,054388	-0,87381	1		
X15	-0,37103	-0,24995	0,270471	4,7E-17	-0,28644	-0,23685	-0,04385	-0,17516	-0,05695	-0,30295	0,113574	-0,09825	-0,16741	0,352663	1	
X16	0,337221	0,323935	-0,05171	8,26E-17	0,132356	0,280136	0,171881	0,063892	-0,42751	0,514092	-0,10753	0,038349	-0,36226	0,263645	-0,22484	1

Была выполнена проверка значимости полученных парных коэффициентов корреляции с помощью *t*-критерия Стьюдента и произведен расчёт параметров регрессионной модели на отобранных факторах (таблица 2.19).

Коэффициент множественной корреляции -  $R = 0,999$  – значим, и полученные расчетные данные адекватны данным, полученным экспериментальным путем.

В результате было составлено уравнение множественной регрессии

$$Y_i = 34,71554122 + 0,01014219 \cdot X_1 - 0,024481719 \cdot X_4 - 0,021729993 \cdot X_5 - 0,01439755 \cdot X_6 + 0,017402829 \cdot X_7 - 0,147471272 \cdot X_9 - 0,244319993 \cdot X_{10}. \quad (2.7)$$

Наибольший вклад в уравнение дает фактор  $X_{10}$  («Количество публикаций НПР, в журналах из перечня ВАК»). Данный фактор вполне сопоставим со значимым фактором регрессионной модели по показателям МГПУ («среднее значение индекса Хирша»).

Таблица 2.19 – Результаты регрессионного анализа со значимыми коэффициентами

	Коэффициенты	Стандартная ошибка	t-статистик	P-Значение	Нижние 95%	Верхние 95%	Нижние 95,0%	Верхние 95,0%
Y-пересеч	34,71554122	1,896412659	18,30590038	0,034742222	10,61933371	58,81174872	10,61933371	58,81174872
a1	0,01014219	0,012663967	0,800869943	0,570109021	-0,150768763	0,171053143	-0,150768763	0,171053143
a2	-0,002520115	0,007857679	-0,320720054	0,802421248	-0,102361399	0,097321169	-0,102361399	0,097321169
a3	-0,007380349	0,004157862	-1,775034635	0,326617497	-0,060210994	0,045450296	-0,060210994	0,045450296
a4	-0,024481719	0,000917827	-26,67357677	0,023855884	-0,036143812	-0,012819626	-0,036143812	-0,012819626
a5	-0,021729993	0,008021191	-2,709073299	0,225117912	-0,123648884	0,080188897	-0,123648884	0,080188897
a6	-0,01439755	0,000899798	-16,00087094	0,039734891	-0,025830566	-0,002964534	-0,025830566	-0,002964534
a7	0,017402829	0,006509898	2,673287697	0,227881964	-0,065313263	0,100118921	-0,065313263	0,100118921
a8	-0,000728209	0,015674728	-0,046457549	0,970445456	-0,199894517	0,198438098	-0,199894517	0,198438098
a9	-0,147471272	0,012184674	-12,10301338	0,052480897	-0,302292235	0,00734969	-0,302292235	0,00734969
a10	-0,244319993	0,019789012	-12,34624493	0,05145152	-0,495763236	0,007123249	-0,495763236	0,007123249

Регрессионная статистика	
Множественный R	0,999980488
R-квадрат	0,999960976
Нормированный R-	0,999570739
Стандартная ошибка	0,074702008
Наблюдения	12

График нормального распределения представлен на рисунке 2.12.

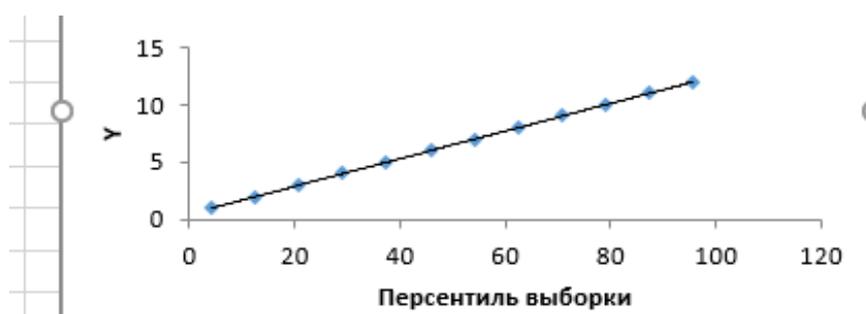


Рисунок 2.12 – График нормального распределения полученного регрессионного уравнения для РУДН

В данном разделе диссертационной работы показаны варианты применения математических методов и алгоритмов определения основных

рейтинговых показателей по статистическим данным отдельных структурных подразделений университета. Выполненный анализ показал, что ключевыми показателями, оказывающими влияние на рейтинг, являются: «Среднее значение индекса Хирша», «Размер среднемесячной заработной платы ППС (фактор  $X_1$ )».

Ещё одним важным результатом корреляционного и факторного анализов являются обнаруженные взаимовлияющие корреляционные отношения между показателями: «Отношение количества защитившихся соискателей и аспирантов к количеству выпускников», «Размер среднемесячной заработной платы ППС», «Среднее значение индекса Хирша».

Выполненное исследование показало, что факторы, оказывающие наибольшее и наименьшее влияние на рейтинговые показатели, для различных вузов совпадают.

### **2.3.2 Нейросетевая модель для исследования рейтинговых показателей и факторов РУДН**

В данной работе на основе собранных статистических о деятельности структурных подразделений РУДН (рисунок 2.13) была построена нейросетевая компьютерная модель для системы поддержки принятия решений руководителей вуза.

Поскольку количество анализируемых факторов достаточно велико, – для снижения размерности многомерных данных был использован факторный анализ, который позволил выявить взаимосвязи между рассматриваемыми факторами и уменьшить число параметров для расчета.

Академическая репутация	Доля иностранных преподавателей в общем числе ППС	Доля иностранных студентов в общем числе студентов	Доля сотрудников, имеющих ученую степень	Индекс наград выпускников	Индекс наград ППС	Индекс цитирования	Качество преподавания
70	88	69	89	67	67	62	63
87	72	31	81	77	79	87	68
52	43	59	79	79	55	69	78
90	80	84	60	51	55	98	30
85	31	75	30	31	64	90	90
81	79	35	48	100	37	41	58
45	43	32	63	40	100	75	91
66	68	80	97	99	76	84	74
58	61	62	74	31	41	79	89
30	71	46	85	63	63	74	83
87	59	85	36	57	98	92	77
52	56	36	65	62	95	49	67
43	44	59	39	49	69	38	38
61	31	85	33	84	51	36	64
99	96	33	43	67	85	54	39
89	50	34	84	92	55	93	62

Рисунок 2.13 – Фрагмент таблицы значений анализируемых факторов

В качестве метода получения окончательного решения был выбран метод ортогонального вращения – варимакс (с нормализацией по Кайзеру). В результате проведенного факторного анализа не было выявлено переменных, обладающих высокой степенью взаимной корреляции. Для выявления и последующего удаления входных переменных, имеющих низкий уровень воздействия на результат (выходную переменную), использован корреляционный анализ. В качестве критерия отбрасывания незначущих факторов принят порог значимости. Применяемым методом расчета корреляции является метод определения коэффициента корреляции Пирсона, с помощью которого можно установить тесноту связи между линейно зависимыми переменными.

В результате корреляционного анализа выявлено три показателя, имеющих низкое влияние на выходную переменную (рисунок 2.14).

Матрица корреляции		
Входные поля		Корреляция с выходными полями
№	Поле	Рейтинг вуза
1	Академическая репутация	0,009
2	Доля иностранных преподавателе...	-0,009
3	Доля иностранных студентов в об...	0,092
4	Доля сотрудников, имеющих учену...	-0,069
5	Индекс наград выпускников	0,037
6	Индекс наград ППС	-0,044
7	Индекс цитирования	-0,004
8	Качество преподавания	-0,119
9	Количество опубликованных стате...	0,011
10	Публикации в журналах, книгах	-0,005
11	Репутация выпускников среди раб...	-0,005
12	Соотношение числа ППС и обучаю...	0,005
13	Уровень трудоустройства	0,057
14	Участие в конференциях	-0,049

Рисунок 2.14 – Результаты корреляционного анализа

На основе выбранных факторов была построена нейросетевая модель – обучаемая система, которая позволяет прогнозировать значение итогового рейтинга вуза. На первом этапе необходимо определить входные и выходные переменные.

Далее разбиваем исходное множество данных на обучающее и тестовое (рисунок 2.15).

Способ разделения исходного множества данных		Случайно	
Столбец для разделения исходного множества			
Множество	Размер		Порядок сортировки
	В процентах	В строках	
<input checked="" type="checkbox"/> Обучающее	95,00	380	По возрастанию
<input checked="" type="checkbox"/> Тестовое	5,00	20	По возрастанию
ИТОГО:	100,00	400	

Рисунок 2.15 – Разделение исходного множества на обучающее и тестовое подмножества

Для решения поставленной задачи в качестве активационной функции был выбран арктангенс. Архитектура нейросети представляет собой один скрытый слой с двумя нейронами (рисунок 2.16).

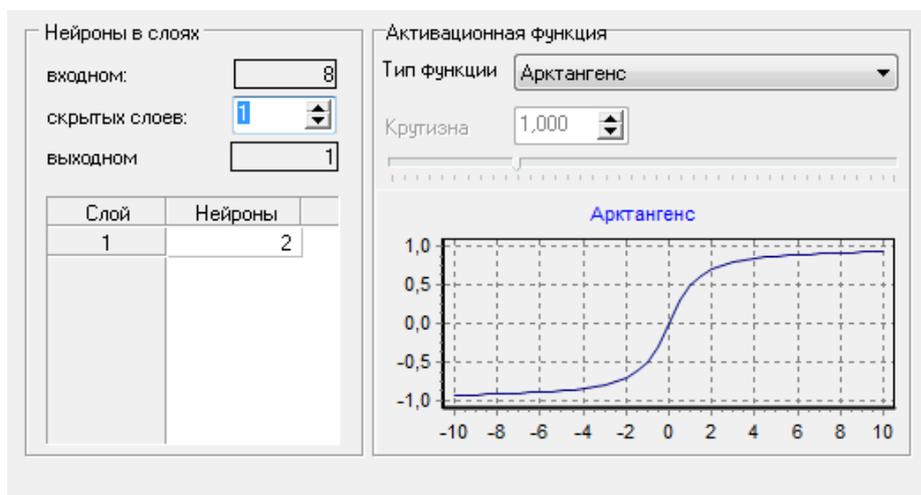


Рисунок 2.16 – Выбор активационной функции и настройка количества нейронов в слоях

Настройки обучения задаются по умолчанию (рисунок 2.17).

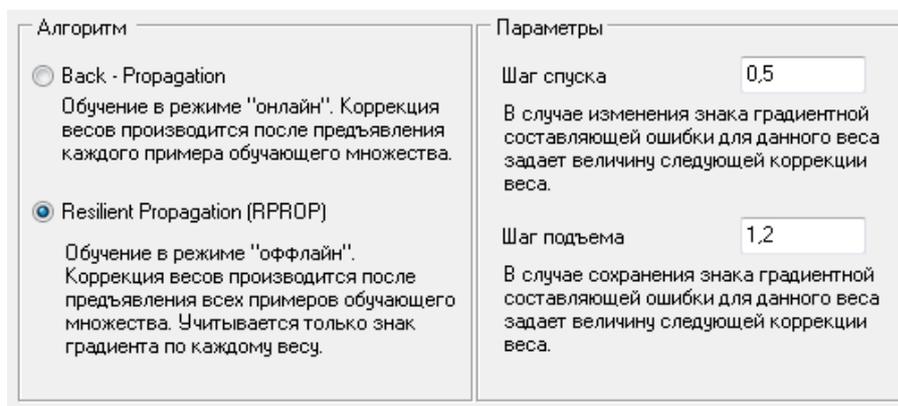


Рисунок 2.17 – Настройка режима обучения нейронной сети

Построенный граф демонстрирует графический вид нейронной сети, состоящей из нейронов и синоптических связей (рисунок 2.18).

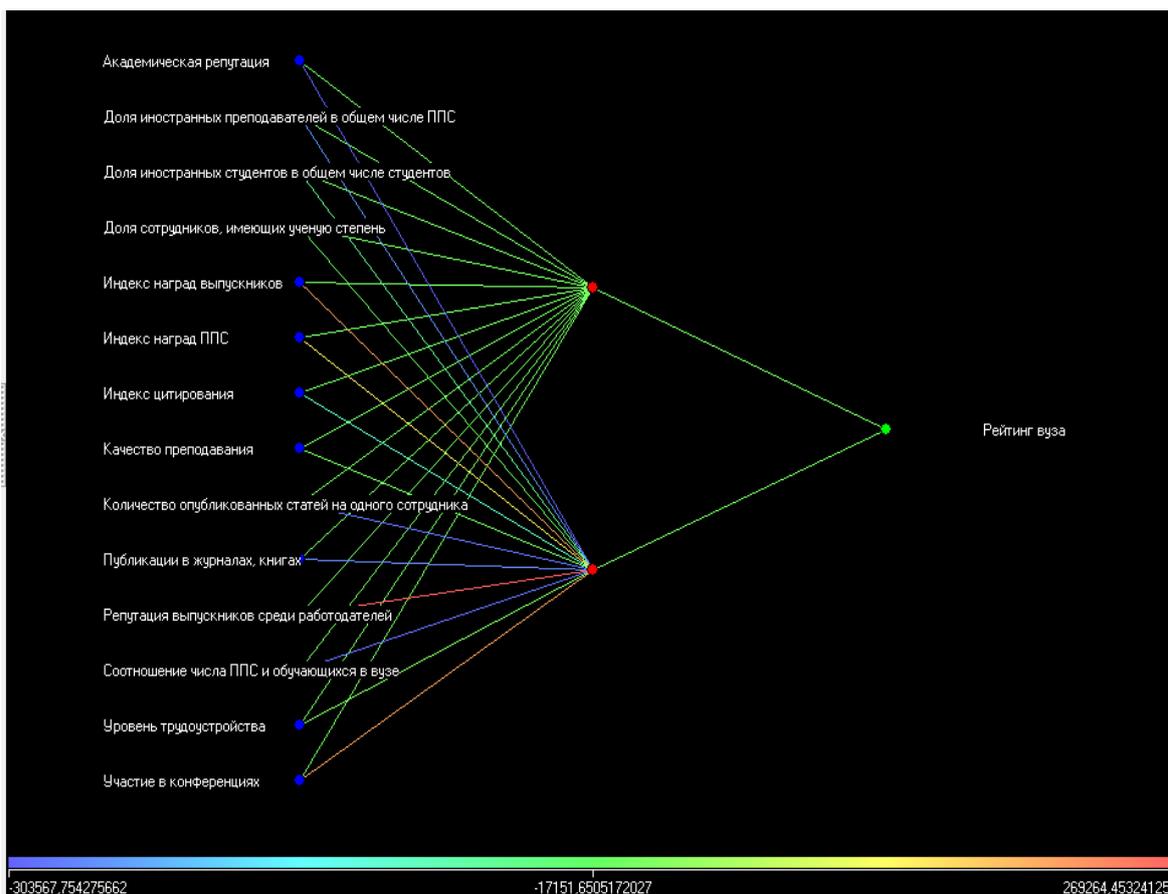


Рисунок 2.18 – Графический вид нейронной сети

С помощью диаграммы рассеяния (рисунок 2.19) была оценена степень отклонения прогнозируемых данных от принятых в качестве эталона. При визуализации диаграммы были построены две линии, соответствующие допустимому уровню ошибки. Поскольку большинство точек (около 93 %) лежит в пределах установленного «коридора», то можно заключить, что разработанная модель работает хорошо.

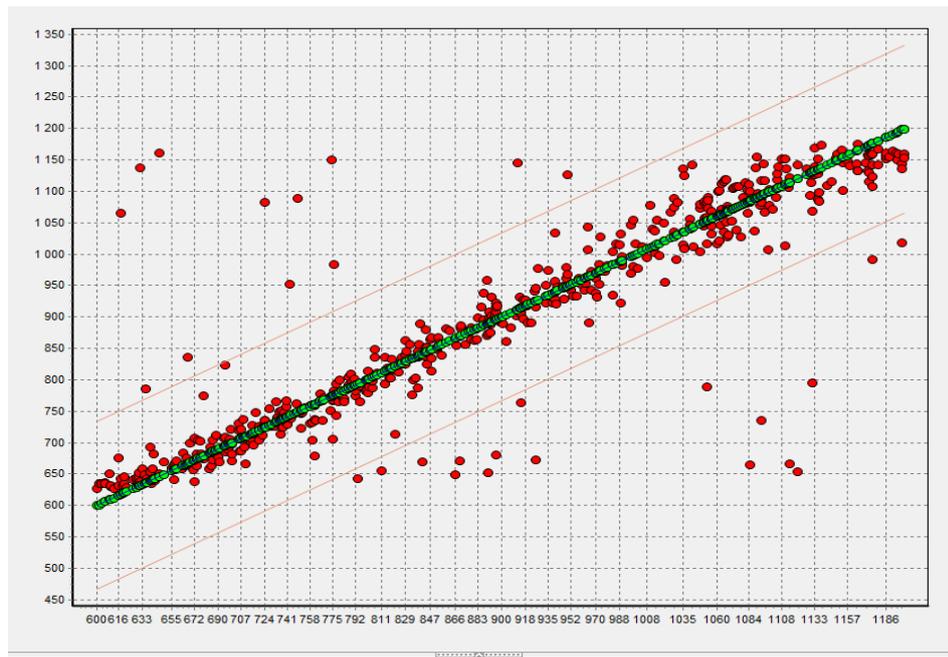


Рисунок 2.19 – Диаграмма рассеяния

Визуализатор «Что-если» (рисунок 2.20) позволяет менять входные данные и рассчитывать итоговые значения рейтинга вуза с помощью разработанной модели.

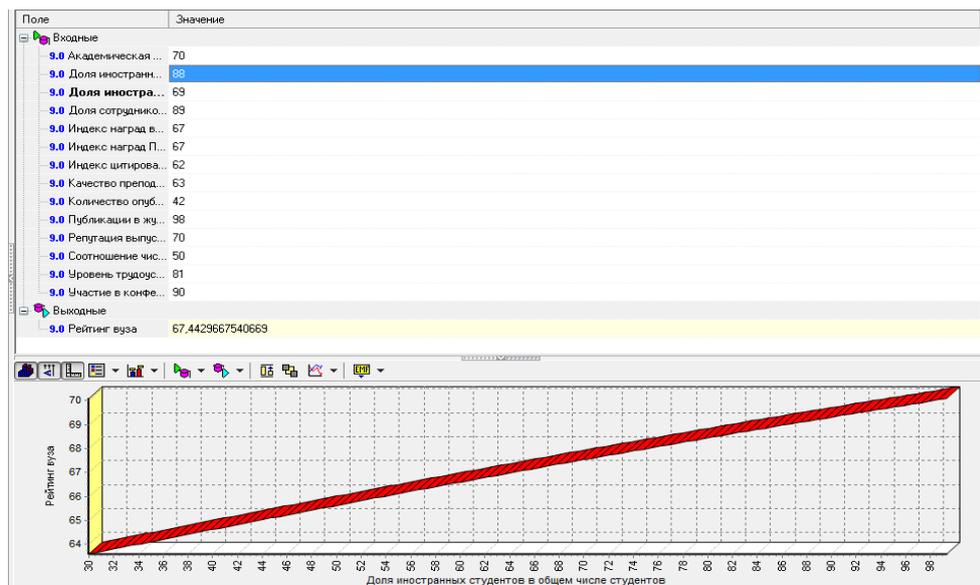


Рисунок 2.20 – Визуализатор «Что-если»

Разработанная нейросетевая модель может быть использована как автономно, так и в качестве модуля системы поддержки принятия управленческих решений руководителей университета с целью получения наиболее высоких результатов рейтинговой оценки вуза. Исходные данные для разработанной модели могут динамически обновляться, что позволяет актуализировать систему поддержки принятия управленческих решений.

## **2.4 Методы оценки и рекомендации по улучшению показателей деятельности вуза**

### **2.4.1 Реализация модели учебного процесса для повышения рейтинговой оценки вуза**

Ключевым структурным элементом, осуществляющим учебный процесс в вузе, является учебное подразделение (кафедра). Оценка результатов деятельности кафедры – важный показатель оценки университета в целом на рынке образовательных услуг.

Эффективное управление вузом невозможно без корпоративной информационной системы, которая является комплексной системой, состоящей из множества подсистем. Одной из таких подсистем является модуль управления деятельностью кафедры.

Если исследуемым объектом является студент, то можно говорить об образовательном процессе. Учебный процесс является частью образовательного процесса. Отличия между учебным и образовательным процессами показаны в таблице 2.20.

Т а б л и ц а 2.20 – Сравнение учебного и образовательного процессов [113]

	Образовательный процесс	Учебный процесс
По целям	Основная цель – развитие индивидуальных особенностей студента, содействие его познавательной самостоятельности посредством предметных знаний, умений и навыков.	Главной целью является усвоение предметных знаний, умений и навыков
По содержанию	На первый план выдвигаются общекультурные ценности.	Содержание определяется учебными программами.
По виду процесса	Деятельность педагога - это единство обучения и воспитания.	Обучение ведется при доминирующей роли преподавателя

В рамках решения задачи математического моделирования учебного процесса в вузе будем использовать его формализованную структуру, содержащую следующие структурные элементы: лекции; лабораторные, семинарские и практические занятия; различные виды практик; самостоятельная работа студентов; аттестация.

Для реализации учебного процесса используются следующие необходимые ресурсы:

- профессорско-преподавательский состав;
- аудиторный фонд;
- учебные, методические, наглядные пособия и учебно-методическая литература;
- специальные, компьютерные и мультимедийные классы и лаборатории;
- инфокоммуникационные корпоративные сети и системы.



Для оценки работоспособности модели был применен матричный метод анализа сети [116]. Необходимое условие достижимости любой маркировки сети было выполнено. Анализ показал, что подходят только две комбинации переходов:  $t_3, t_2, t_1$  и  $t_1, t_2, t_3$ . Этот вывод подтверждает рисунок 2.22.

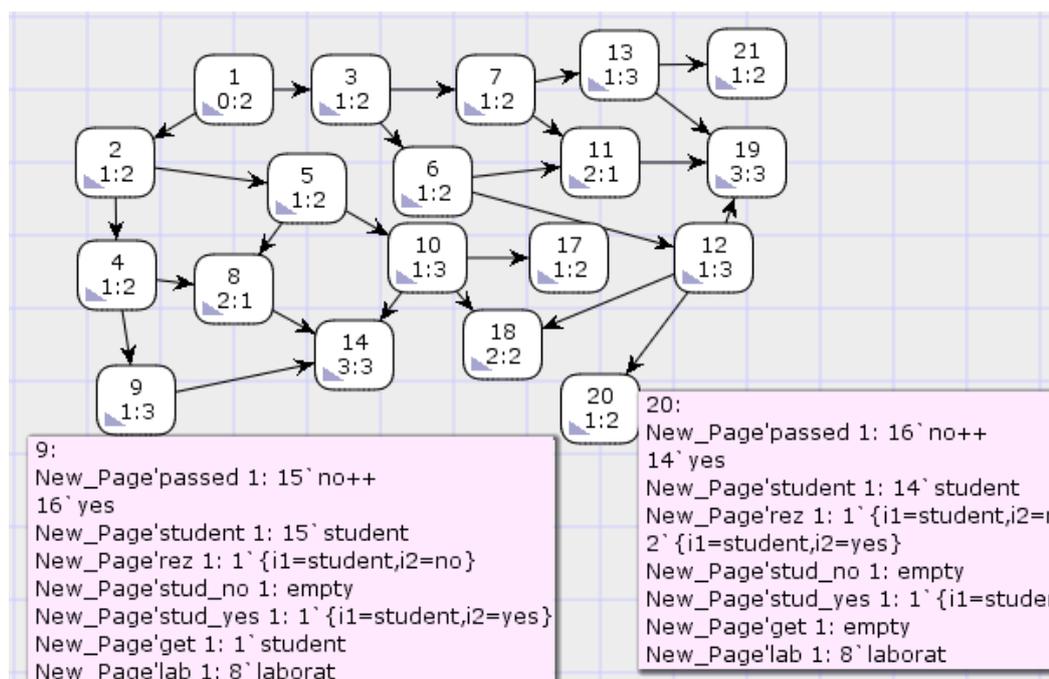


Рисунок 2.22 – Дерево достижимости

### *Алгоритм рейтинговой оценки работы кафедры вуза.*

Для построения математической модели использованы экспериментальные данные двенадцати кафедр Московского городского педагогического университета по 25 показателям [117]. Для уменьшения размерности модели методом корреляционного анализа отбирались наиболее значимые показатели. Значимость проверялась на основе матрицы коэффициентов корреляции.

В результате в построении модели участвовали 16 показателей: индекс Хирша, средняя зарплата преподавателей, средний балл ЕГЭ студентов при

поступлении и др. С помощью кластерного анализа (иерархической кластеризации) кафедры были разбиты на два класса: «эффективные» и «неэффективные». Отбор производился по различию средних значений метрической переменной. Рассчитан обобщенный показатель деятельности кафедр (рисунок 2.23).

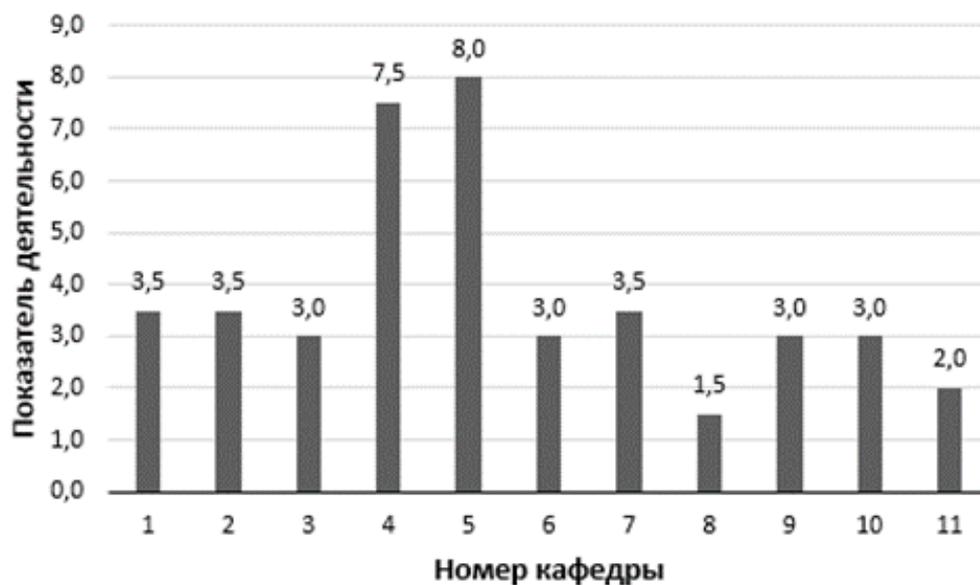


Рисунок 2.23 – Обобщенный показатель деятельности кафедры [118]

Исследуемые объекты были разделены на «Эффективные»: К5, К4, К10, К1, К2, К7 и «Неэффективные»: К3, К9, К6, К11, К8.

В процессе анализа построено уравнение дискриминантной функции

$$D = -7,485 \cdot x_1 + 5,762 \cdot x_2 + 3,481 \cdot x_3 + 30,173 \cdot x_4 - 16,599 \cdot x_5 + 8,190 \cdot x_6 - 11,449 \cdot x_7 + 6,867 \cdot x_8 - 3,367 \cdot x_9, \quad (2.8)$$

где  $x_i$  – показатели работы кафедры.

С помощью построенной модели с вероятностью 0,999 можно предсказывать оценку работы структурных подразделений без специальных исследований их показателей.

Прототип информационной системы, реализующей описанные выше

алгоритмы, разработан на платформе «1С: Предприятие».

Показатели работы кафедры и результаты обучения студентов оцениваются в баллах за каждую единицу работы. Объекты учета – различные виды работ, выполненные кафедрой или студентами в процессе обучения. Достижения – показатели за определенный промежуток времени. Рейтинг кафедры – сумма набранных баллов за весь анализируемый период работы. Правила учета – автоматизированное суммирование.

Процессы, которые автоматизирует модуль информационной системы:

- определение системы показателей оценки работы кафедры.
- определение успешности обучения студента.
- определение правил расчета рейтинга кафедры и успеваемости каждого студента.
- формирование рекомендаций по перспективному планированию учебного процесса.
- построение правил успешности работы кафедры.
- создание различных настраиваемых отчетов.

Функциональные требования к модулю информационной системы:

- обеспечивать сбор данных о процессе обучения в системе;
- обеспечивать хранение в единой базе всей информации о проведенных занятиях, виде занятия, о выполненных, не выполненных заданиях, тестах, о количестве студентов, прошедших и не прошедших контроль, различных видах деятельности кафедры;
- выполнять предварительную обработку и статистический анализ данных;
- автоматизировать построение модели процесса обучения на основе данных о процессе обучения в электронной обучающей системе и ее редактирования на основе иерархической раскрашенной сети Петри;

- автоматизировать процесс создания различных отчетов.

В базе данных хранятся списки студентов и списки профессорско-преподавательского состава кафедры (рисунок 2.24).

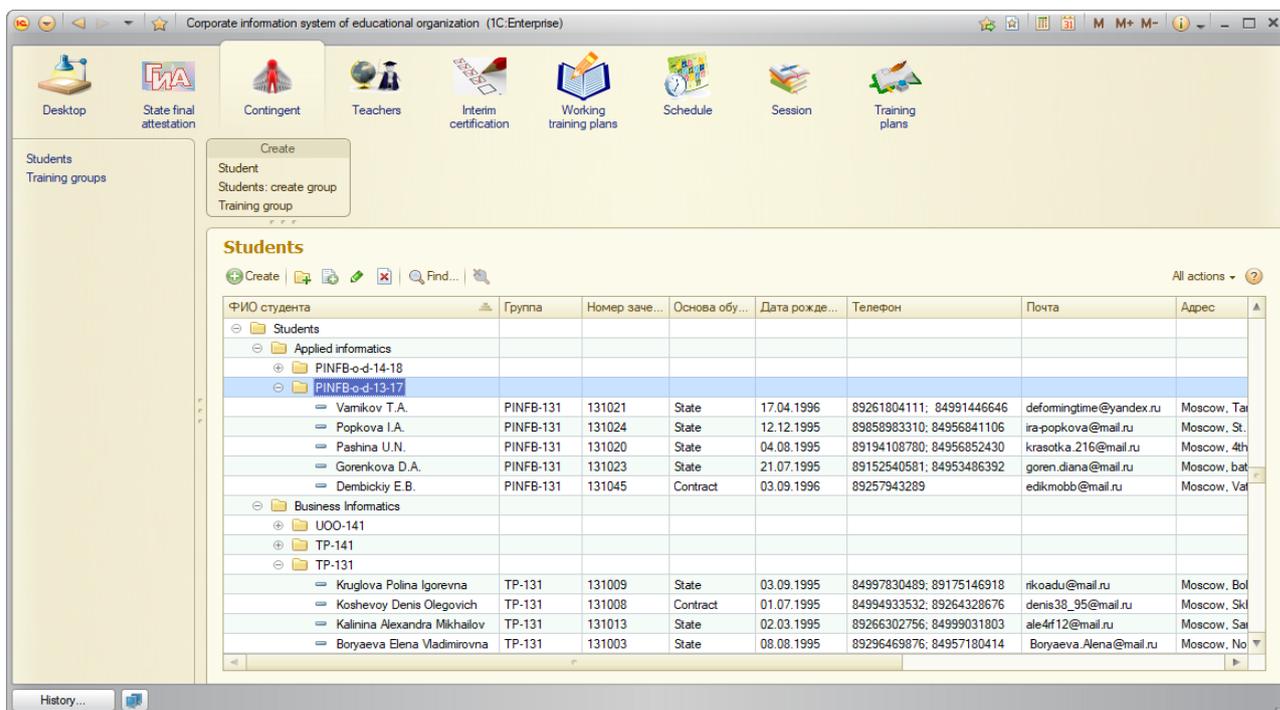


Рисунок 2.24 – Интерфейсный список каталога «Студенты»

Для учета успеваемости студентов баллы суммируются за каждый отчетный период по каждой дисциплине, которая есть в расписании (рисунок 2.25).

#	Weekday	The number of the pair	Group	Discipline	Lectures	Laboratory works	Practices	Type of classroom	Teacher	Classroom	Housing	Extra pair
1	Monday	9:00:00 10:30:00	1 TP-141	Econometrics	15			LEC	Yakovlev V. B.	202Sh	Sheremetevsky st., d. 29	
2	Monday	10:40:00 12:10:00	2 TP-141	Econometrics		30		LW	Yakovlev V. B.	202Sh	Sheremetevsky st., d. 29	
3	Tuesday	10:40:00 12:10:00	2 TP-141	Econometrics			30	PRAC	Yakovlev V. B.	203Sh	Sheremetevsky st., d. 29	
4	Wednesday	9:00:00 10:30:00	1 TP-141	Accounting system	30	60	30	LEC	Manokhina G. A.	206Sh	Sheremetevsky st., d. 29	
5	Wednesday	10:40:00 12:10:00	2 TP-141	Lifecycle management of information systems	14		16	PRAC	Senyshev R. V.	207Sh	Sheremetevsky st., d. 29	
6	Wednesday	12:50:00 14:00:00	3 TP-141	ICT markets and sales organization	10		20	LW	Yakovlev V. B.	207Sh	Sheremetevsky st., d. 29	

Рисунок 2.25 – Главная экранная форма документа «Расписание занятий»

В общем репозитории информационной системы кафедры находятся различные тестовые и проверочные задания. Результаты проведения проверок поступают в разработанный модуль, где происходит оценка рейтинга студента.

Question	Average result	Number of responses
Testing at the rate of M.2.B.3. "DIS methodologies and technologies"	72,00	150
Testing at the rate of M.2.B.3. "DIS methodologies and technologies"	72,00	150
Question 1	80,00	15
Question 10	13,33	15
Question 2	80,00	15
Question 3	86,67	15
Question 4	86,67	15
Question 5	100,00	15
Question 6	73,33	15
Question 7	73,33	15
Question 8	46,67	15
Question 9	80,00	15
<b>Total</b>	<b>72,00</b>	<b>150</b>

Рисунок 2.26 – Форма отчета о результатах тестирования

Примеры итоговых отчетов о деятельности кафедры приведены на рисунках 2.27, 2.28.

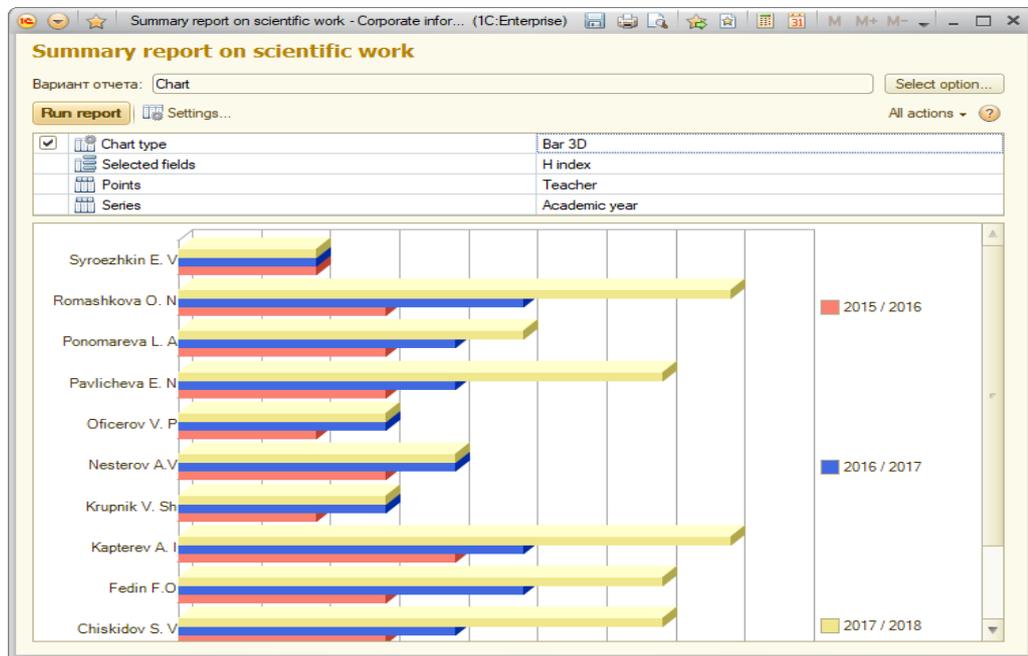


Рисунок 2.27 – Отчет о результатах научной деятельности: диаграмма

Department		Total	
Teacher			
Academic year		H index	Number of publications
Applied informatics		3,91	331,00
Department of applied informatics		3,91	331,00
Agaltsov V. P.		2,67	30,00
	2015 / 2016	2,00	10,00
	2016 / 2017	3,00	12,00
	2017 / 2018	3,00	8,00
Chiskidov S. V.		4,67	33,00
	2015 / 2016	3,00	9,00
	2016 / 2017	4,00	11,00
	2017 / 2018	7,00	13,00
Fedin F. O.		5,00	23,00
	2015 / 2016	3,00	8,00

Рисунок 2.28 – Отчет о результатах научной деятельности: итоговая таблица

Динамическая модель учебного процесса в нотации сетей Петри позволила оценить степень освоения учебного материала по дисциплине на примере выполнения и защиты практических работ группой студентов из 16 человек. Неудачником оказался один человек, что совпадает с реальными результатами.

Алгоритм деятельности кафедры разработан для 11 кафедр Московского городского университета по 25 показателям. Двенадцатая кафедра служила для проверки работоспособности модели. Кафедры были разбиты на две группы «эффективные» и «не эффективные». Построено дискриминантное уравнение, которое позволило отнести двенадцатую кафедру к группе «эффективные», что соответствует действительности.

Предложенная модель и алгоритм реализованы в виде модуля информационной системы работы кафедры на платформе «1С: Предприятие».

Разработанная модель учебного процесса и алгоритм рейтинговой оценки структурного подразделения вуза реализованы для модуля информационной системы управления кафедрой. Это позволит улучшить качество и эффективность управления вузом в целом, поскольку в основе лежат достоверные и объективные методы оценки и перспективного планирования. Внедрение модуля позволит упростить сбор данных о работе подразделений и качестве учебного процесса в вузе, а также повысит эффективность формирования различных видов отчетности.

## **2.5 Выводы по главе 2**

1. На основании анализа существующих информационных систем поддержки образовательного процесса в вузах и математических моделей, применимых для разработки интеллектуального модуля информационных систем создана математическая модель на основе вложенной раскрашенной сети

Петри, которая учитывает логику и специфику образовательного процесса в вузе. Предложенная математическая модель учитывает человеческий фактор, что дает возможность эффективно планировать и контролировать процесс обучения студентов. Разработаны алгоритмы реализации математической модели.

2. Представлены примеры использования аналитических методик и алгоритмов для выявления основных показателей деятельности структурных подразделений вуза. В качестве ключевых показателей, влияющих на рейтинговую оценку кафедры, выбраны следующие показатели: «Среднее значение индекса Хирша», «Размер среднемесячной заработной платы ППС (в уравнении 1 – фактор  $X_1$ )».

3. Результатом корреляционного и факторного анализов являются обнаруженные взаимовлияющие корреляционные отношения между показателями: «Отношение количества защитившихся соискателей и аспирантов к количеству выпускников», «Размер среднемесячной заработной платы ППС», «Среднее значение индекса Хирша». При сравнении результатов деятельности кафедр различных вузов выявлено, что факторы, оказывающие наибольшее и наименьшее влияние, для анализируемых вузов совпадают.

4. Создана модельная и алгоритмическая основа для разработки системы поддержки принятия управленческих решений для университета с учетом требований современных рейтинговых систем, а также позволяющей использовать динамически изменяющуюся статистическую отчетность вуза.

5. Разработанные модели образовательного процесса и алгоритмы рейтинговой оценки структурного подразделения вуза реализованы для модуля информационной системы управления деятельностью кафедры, который позволит улучшить качество и эффективность управления вузом в целом, поскольку в основе разработки лежат достоверные данные и объективные методы оценки и перспективного планирования.

### **ГЛАВА 3. ИССЛЕДОВАНИЕ МОДЕЛЕЙ И МЕТОДОВ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫМИ ПРОЦЕССАМИ И СИСТЕМАМИ КОМПЛЕКСНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ВУЗА**

#### **3.1 Анализ организационно-правовых основ управления комплексной безопасностью вузов в Российской Федерации**

Для создания системы управления комплексной безопасностью университета необходимо учитывать особенности конкретного вуза и знать полный перечень и вероятность реализации угроз его безопасности.

Необходимым условием создания эффективной системы безопасности для вуза является согласование всех этапов ее разработки с нормативными требованиями в сфере обнаружения, предотвращения и ликвидации возможных угроз в соответствии с категориями вузов (таблица 3.1).

Т а б л и ц а 3.1 – Категории вузов и их взаимодействие с ФОИВ

<b>Категория вуза</b>	<b>Наименование образовательной организации</b>	<b>Формы взаимодействия</b>	<b>Особенности организации взаимодействия с федеральными органами исполнительной власти</b>
1	Московский гос. университет им. М.В. Ломоносова и Санкт-Петербургский гос. университет	Особые формы взаимодействия территориальными органами МВД России и МЧС России	Наличие специализированных территориальных подразделений МВД России и МЧС России на объектах данных вузов
2	Федеральный университет	Обязательная отработка форм взаимодействия с территориальными подразделениями МВД России, МЧС России и Росгвардии	Обязательное планирование совместных действий с территориальными подразделениями МВД России, МЧС России и Росгвардии
3	Национальный исследовательский Университет		
4	Региональный опорный университет		Вопросы организации взаимодействия с органами МВД России, МЧС России и Росгвардии определяются в индивидуальном порядке
5	Другие образовательные организации высшего образования		

Необходимо также провести мониторинг текущего состояния безопасности вуза с целью выявления соответствия или несоответствия действующему законодательству, нормативной базе и стандартам обеспечения безопасности высших учебных заведений [119].

Далее необходимо сформировать функциональные требования к системе управления комплексной безопасностью вуза, а именно:

- поддержка непрерывной и устойчивой работы вуза методами прогнозирования и предотвращения угроз безопасности;
- обеспечение безопасности жизни, физического и психологического здоровья студентов и сотрудников вуза;
- профилактика и предотвращение реализации угрозы террористических актов на территории вуза, в учебных корпусах и кампусах;
- профилактика и недопущение нанесения ущерба имуществу и материальным ценностям университета, сотрудников и обучающихся;
- обеспечение информационной безопасности и защиты информации на всех уровнях.

По результатам анализа отчетности ведущих российских вузов можно сделать вывод о необходимости обеспечения следующих взаимосвязанных основных видов комплексной безопасности:

- личная (физическая и психологическая) безопасность;
- пожарная безопасность;
- антитеррористическая безопасность и профилактика правонарушений;
- санитарно-эпидемиологическое, гигиеническое и медицинское обеспечение;
- информационная безопасность;
- техническая (инженерно-эксплуатационная) безопасность.

Особую важность при разработке политики безопасности вуза, формировании инструктивно-методической документации по обеспечению безопасности образовательного процесса необходимо проводить серьезную работу с обучающимися и сотрудниками, поскольку требования к обеспечению безопасности устанавливаются локальными нормативными актами самой образовательной организации.

### **3.2 Проблемы управления комплексной безопасностью вуза**

Проблема обеспечения безопасности в образовательной среде во всех странах обусловлена растущей в последние годы динамикой опасных ситуаций в образовательных учреждениях (пожаров, массовых заболеваний, травм, правонарушений, наркомании, алкоголизма, угроз террористического характера, актов экстремизма и ксенофобии, неспособности принимать адекватные решения в условиях экстремальных ситуаций, несоответствия требованиям экологической и радиационной безопасности и др.).

Система управления комплексной безопасностью вуза должна учитывать предусмотренные действующим законодательством меры и мероприятия, которые необходимо проводить с целью обеспечения безопасного функционирования образовательной организации, а также готовности сотрудников, преподавателей и студентов к адекватным действиям в чрезвычайных ситуациях.

Для управления безопасностью такой специфичной социально-экономической системы, как крупный вуз, необходимо предусмотреть все возможные угрозы этой безопасности. Для решения поставленных задач необходимо также оперировать основными связанными между собой понятиями

оценки комплексной безопасности: опасность, безопасность и риск. Введение и определение этих понятий впервые было дано в работе [120], а позднее несколько раз уточнялась и конкретизировалась в работах [121-125].

Будем рассматривать понятие «опасность» применительно к вузу. Опасность может представлять любое явление, способное нанести вред окружающей среде, студентам, сотрудникам, преподавателям и/или имуществу университета. Любая опасность носит вероятностный характер, и может реализоваться в редких случаях. Количественной мерой вероятности реализации опасности и возникновения ее последствий для вуза является риск [126].

Реальными источниками угроз безопасности университета могут являться как внешние, так и внутренние факторы. Исследуя комплексную безопасность вуза, необходимо выделить внешние и внутренние угрозы, оценить риск возникновения опасности, классифицировать виды угроз и рисков, оценить риски возможной реализации каждой опасности [127, 128].

По видам воздействия угроз на университет можно выделить следующие группы риска (рисунок 3.1):

- экономические;
- инфраструктурные;
- экологические;
- эпидемиологические;
- техногенные, вызываемые несовершенством технологий или их отказами;
- социальные, обусловленные проявлением социальных угроз, происходящих в обществе или в социальных группах;
- политические;
- террористические;
- информационные, обусловленные недостоверностью или

неадекватностью информации при принятии решений.

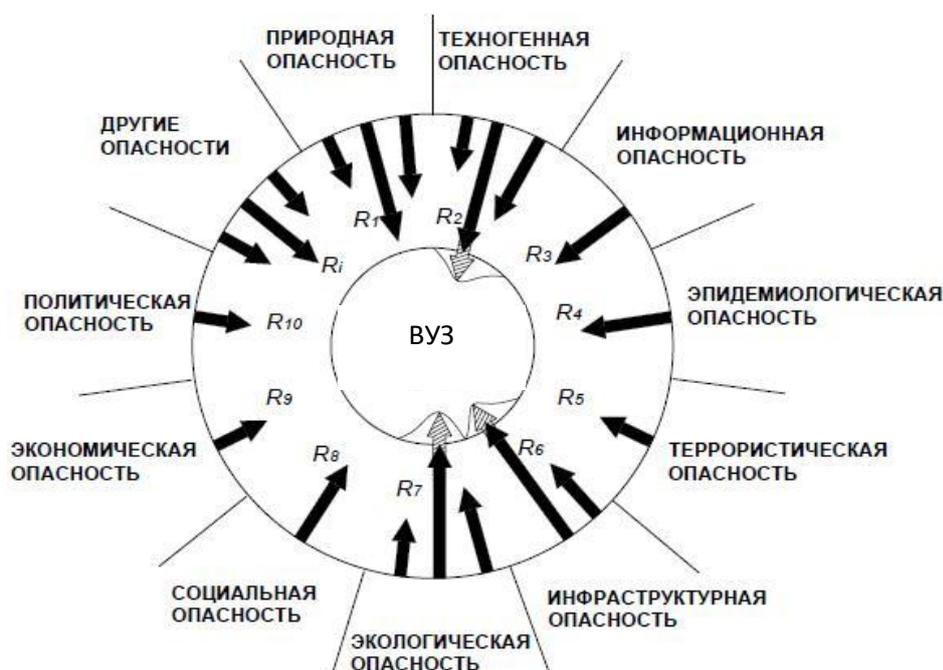


Рисунок 3.1 – Схема воздействия угроз безопасности вуза

Поскольку любая опасность для вуза имеет ряд аспектов, то каждую опасность следует оценивать несколькими рисками в зависимости от аспекта. Значения всех рисков не могут оставаться неизменными, поскольку вероятность реализации опасности зависит от множества динамически изменяющихся факторов. Одной из функций управления комплексной безопасностью вуза является как раз управление рисками – целенаправленное воздействие на факторы риска с целью снижения вероятности реализации опасности для вуза.

Управление рисками университета реализуется через подготовку и реализацию комплекса плановых мероприятий, снижающих риски до допустимого (приемлемого) уровня [129]. Исходя из этого, можно считать, управление комплексной безопасностью университета – это создание состояния, при котором все возможные риски не превышают их допустимых значений (таблица 3.2).

Т а б л и ц а 3.2 – Основные понятия теории риска и безопасности применительно к университетам

Понятия	Определения основных понятий	Обозначения
Опасность	Явление (физической, химической, биологической, экономической, социальной и др. природы), способное нанести вред обучающимся, сотрудникам и имуществу вуза	$1, 2, 3, \dots, i, \dots$
Риск	Количественная характеристика (мера) возможности реализации конкретной опасности или ее последствий, измеряемая, как правило, в соответствующих единицах	$R_1, R_2, R_3, \dots, R_i, \dots$
Управление риском	Разработка комплекса мероприятий (инженерно-технического, экономического, социального и иного характера), позволяющих снизить значение данного риска до допустимого уровня $R^*$	$R_i \leq R_i^*$ ( $i = 1, 2, 3, \dots$ )
Безопасность	Состояние вуза (системы), при котором значения всех рисков не превышают их допустимых уровней	$R_1^*, R_2^*, \dots, R_i^*, \dots$

Вуз в данном случае является объектом защиты. Необходимо понимать, что не существует абсолютной безопасности, поскольку реальные риски невозможно снизить до нуля. Поэтому принято считать, что если опасность в явном виде отсутствует, то можно говорить о комплексной безопасности как о «состоянии защищенности» вуза.

При управлении функционированием сложных социально-экономических систем, многофункциональных объектов и комплексов, таких как университет, особый интерес представляет анализ и учет следующих опасных воздействий: антропогенных факторов криминального характера, антропогенных факторов некриминального характера, техногенных и природно-климатических факторов.

### **3.3 Модели управления информационными процессами комплексной безопасности вуза**

Показатели комплексной безопасности в последнее время оказывают все более серьезное влияние на конкурентоспособность вуза, на его привлекательность для абитуриентов и на его общее рейтинговое положение. Правильный выбор показателей для такой сложной системы, как университет, и эффективное управление их значениями требует всестороннего анализа различных аспектов комплексной безопасности, параметров защиты жизненно важных элементов системы от внешних и внутренних воздействующих факторов.

При выполнении анализа необходимо учитывать, что и сам вуз, и воздействующие факторы, и система безопасности находятся в постоянном динамическом изменении. Численное значение уровня безопасности является, в связи с этим, весьма относительным.

Комплексная безопасность как характеристика сложной системы не может быть определена как простая сумма значений безопасности ее отдельных элементов, поскольку элементы системы находятся в постоянном взаимодействии, и каждый из них критически важен.

Уровень комплексной безопасности (УКБ) не может быть выше минимального уровня безопасности отдельного элемента системы.

Ещё одной проблемой при определении уровня безопасности служит наличие человеческого фактора. Само понятие безопасности имеет не только объективную, но и субъективную сторону, поскольку определение ее уровня выполняется в конечном итоге человеком. Наличие этого фактора особенно значимо при определении безопасности вуза, и приводит к необходимости

использования лингвистических переменных и теории нечеткой логики. Уровень безопасности в этом случае может оцениваться не одиночным значением, а диапазоном *условной* приемлемости (высшей и низшей оценки допустимого уровня безопасности).

При оценке отдельных показателей безопасности системы существует некоторый пороговый уровень, выше которого систему можно считать безопасной. Уровень остаточных рисков при этом может смещать пороговое значение уровня в ту или иную сторону, что несущественно для комплексной оценки.

При комплексном подходе ситуация совершенно иная. Одни и те же риски в различных условиях могут быть как допустимые и как недопустимые. Причем факторами, создающими такие условия для рисков, могут служить, в том числе, и наличие или отсутствие других рисков.

Следовательно, для комплексной системы безопасности диапазон оценок, находящийся между значениями «нижний пороговый уровень» и «верхний пороговый уровень», может считаться *условно приемлемым*.

При формировании показателей комплексной безопасности вуза обязательно должны быть учтены различные неконтролируемые внешние или внутренние процессы, которые потенциально могут привести к возникновению угроз. Реализация таких опасностей приводит к нарушению нормального функционирования системы, что снижает общий уровень безопасности.

Предлагается новый подход к управлению комплексной безопасностью вуза (КБВ), который отличается от существующего в настоящее время способа планирования комплексной защиты объекта (КЗО). Такой способ основан на применении заранее определенных требований, разработанных для данного класса объектов, видов опасности или риска.

КБВ будем рассматривать, используя процессный подход к управлению.

Объект защиты – вуз – в этом случае можно представить в виде системы, функционирование которой определяется информационными и иными процессами (процессами обработки потоков информации). В системе одновременно могут быть объединены несколько объектов.

Внешнее воздействие на систему оказывает набор экономических, социальных, технических, технологических и др. факторов.

Следует также различать ресурсы и потоки, поступающие на вход системы управления комплексной безопасностью вуза. Ресурсы необходимы для функционирования системы, а входные потоки преобразуются системой в выходные потоки (например, предписания выполнения требований обеспечения пожарной безопасности).

Процесс моделирования поведения системы КБВ требует определения цели функционирования системы, описания всех входных и выходных потоков, ограничения используемых ресурсов и создания алгоритма исполнения действий. Именно алгоритм управляет деятельностью системы КБВ.

Алгоритм – это набор правил поведения системы с известной архитектурой (организационной структурой) с описанием последовательности целенаправленного выполнения отдельных функций (операций) в условиях воздействия внешних факторов.

Алгоритм характеризуется четырьмя составляющими:

- цель;
- влияющие факторы;
- операции;
- межоперационные связи.

Система в процессе своего функционирования проходит несколько этапов. Особо следует уделить внимание первому и заключительному этапу, а также тому, как происходит переход от одного этапа к другому. Функционирование

системы происходит под воздействием влияющих факторов, которым можно назначить значения «лингвистических» переменных («очень низкий», «низкий», «средний», «высокий», «очень высокий»). Далее для каждого фактора можно ввести весовые коэффициенты, а также перевести их в балльные оценки.

Разрабатывая алгоритм функционирования системы можно использовать два варианта-сценария выполнения операций: абстрактный и структурный сценарии (А-сценарий и С-сценарий). При А-сценарии операция осуществляется над неструктурированными объектами (без учета внутренней структуры), и входные объекты преобразуются в выходные. Способ внутреннего преобразования при этом не раскрывается, иными в «черном ящике» без раскрытия внутренней структуры операции.

Напротив, в С-сценарии внутренняя структура объектов заранее определена и описана набором свойств – атрибутов. Операция С-сценария является функциональным блоком, преобразующим объекты с одинаковым набором атрибутов. Таким образом, операция С-сценария трактуется как класс, экземпляры которого – объекты – проходят свой «жизненный цикл».

При исключении или добавлении объектов в класс изменяется набор их атрибутов, которые могут наследоваться, ликвидироваться и порождаться. Следовательно, связи между операциями (как в А-сценарии, так и в С-сценарии) означают передачу и преобразование объектов. Каждая операция имеет «операционные» цели, которые могут совпадать с целями алгоритма в целом, или вводиться специально для отдельной операции. Укрупненная схема моделирования поведения системы управления КБВ представлена на рисунке 3.2.

#### Алгоритм реализации предложенной методики.

Шаг 1. Факторно-целевой анализ для формирования и корректировки

целей и влияющих факторов с последующим графическим построением алгоритма.

Шаг 2. А-сценарий преобразуется в сеть Петри путем математического и/или имитационного моделирования. При обнаружении ошибок в А-сценарии осуществляется переход на Шаг 1.

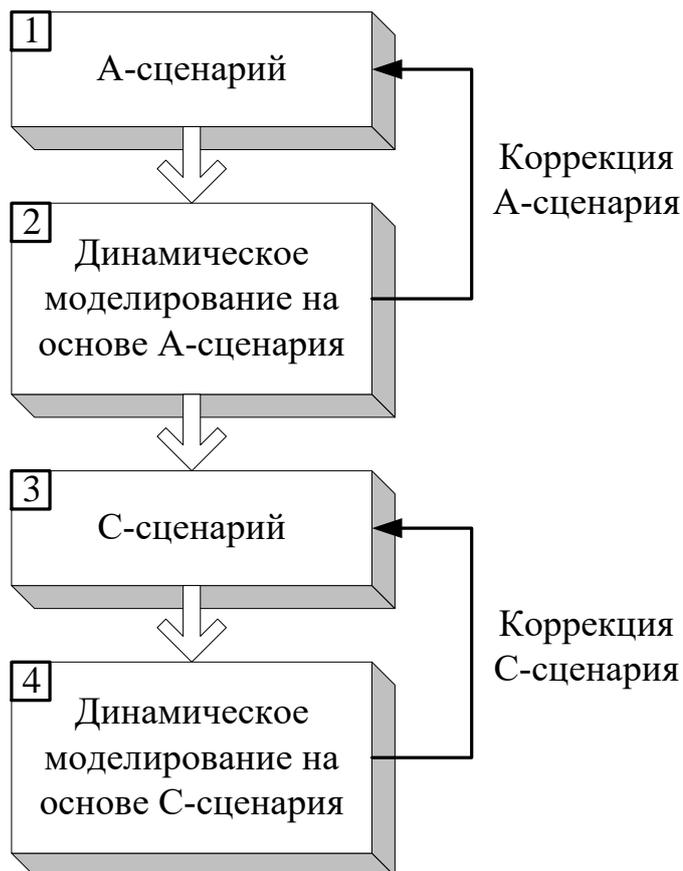


Рисунок 3.2 – Укрупненная схема моделирования процессов поведения системы управления КБВ

Шаг 3. А-сценарий преобразуется в С-сценарий. Методика преобразования включает следующие действия:

- структурирование потоков и ресурсов;
- выделение классов объектов и переходов, описание жизненных циклов объектов внутри классов;

- формирование перечня показателей функционирования системы управления КБВ;
- оценка зависимости вероятности достижения целей от значений показателей и влияющих факторов.

Шаг 4. Имитационное моделирование С-сценария при различных заданных начальных условиях. По результатам имитации выполняется точная оценка вероятности достижения целей, значений показателей функционирования системы управления КБВ, временных зависимостей для атрибутов объектов и ресурсов. Далее делается заключение о приемлемости С-сценария. Если заключение отрицательное, то возвращаются к Шагу 3 и повторяют итерацию (на уровне С-сценария).

Алгоритм А-сценария задается деревом или графом без петель и кратных ребер

$$G(V, E) \stackrel{\text{def}}{=} \langle V; E \rangle; V \neq \emptyset; \\ E \in V \times V \& \forall e \in E (|e| = 2), \quad (3.1)$$

где  $V = \{v_1, v_2, \dots, v_N\}$ , а  $E = \{e_1, e_2, \dots, e_M\}$ ,

$|V| = N, |E| = M$  ( $N$  и  $M$  – общее число вершин и ребер графа, соответственно).

Ребра – это правила взаимодействия вершин. Главной вершиной назначаем  $V_0$  (верхний или нулевой уровень), относящуюся алгоритму в целом, который включает операции  $V_1, \dots, V_n$ , преобразующие внешние ресурсы и потоки. Каждая из вершин 1-ого уровня распределяет операцию  $V_i, i = 1, \dots, n$ , нулевого уровня среди своих операций  $V_{i,1} \dots V_{i,l}$  и др. Дуги графа отражают отношения на множестве  $\{V_0, V_1, \dots, V_n, V_{1,1}, \dots, V_{1,2}, \dots\}$ . Число операций, относящихся к одной вершине графа, не должно превышать 8. Входные и выходные потоки смежных вершин

графа А-сценария должны быть согласованы между собой. Выполнение сценария происходит сверху вниз от главной вершины.

Система управления КБВ со сложной топологией будет описана ориентированным мультиграфом

$$G_I = G_I(V, \Gamma, D, H), \quad (3.2)$$

где  $V$  – конечное множество вершин графа  $G_I$ ;

$\Gamma$  – отображение  $\Gamma: V \rightarrow V \times \mathbb{Z}$ , заданное конечным подмножеством дуг,

$U \in V \times V \times \mathbb{Z}_+ \times \mathbb{Z}_+$  – множество неотрицательных целых чисел;  $D \cup V$  – множество элементов «объект защиты»;  $H \cap V$  – множество элементов «субъект угрозы».

Каждый модуль А-сценария графически представляется в виде прямоугольного блока со скругленными углами, выполняющего несколько операций. Слева в блок входят стрелки входных потоков и ресурсов; сверху – стрелки, соответствующие целями; снизу – стрелки, означающие влияющие факторы; справа – выходят стрелки выходных потоков. Указанные стрелки являются внешними.

Каждый блок может быть декомпозирован на несколько блоков операций  $V_1, \dots, V_n$ , входящих в него и имеющие входные и выходные стрелки, совпадающие с внешними стрелками блока. Поданный на вход блока А-сценария поток передается на входы  $k$  блоков операций. Каждой выходной внешней стрелке соответствует только одна выходная внутренняя стрелка. то есть, на выход блока передается поток только одной операции  $V_i, i = 1, \dots, n$ .

Алгоритм функционирования системы управления КБВ (рисунок 3.3) предполагает, что потоки информации от элементов системы поступают на входы функциональных блоков только после предварительной проверки на соответствие требованиям безопасности и при наличии необходимых ресурсов.

При разработке модели обязательным условием являлась согласованность

и преюмственность отдельных блоков алгоритма. Графически это выражается в том, что внутренние входные и выходные стрелки отражаются на дочерних блоках как внешние стрелки. Такое же правило обязательно для дочерних целей и факторов (родительские цели и факторы распределяются между дочерними блоками).

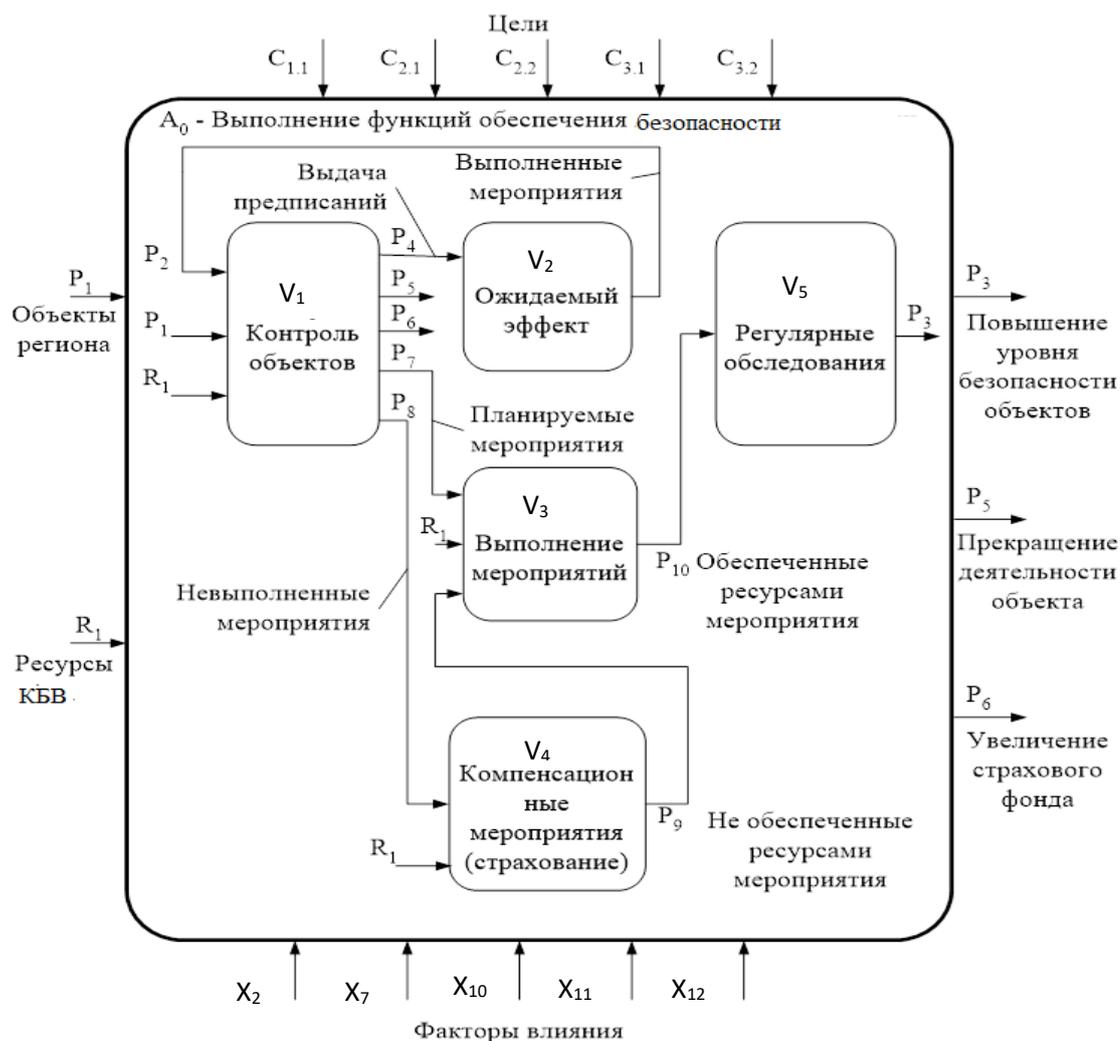


Рисунок 3.3 – А-сценарий информационных процессов выполнения мероприятий по обеспечению КБВ

Диаграммы А-сценария поясняются текстовыми примечаниями (таблица 3.3). Примечания представлять собой логические выражения, в которых стрелками обозначаются преобразования входных потоков блока в выходные.

Если операция может быть выполнена несколькими способами, то между несколькими логическими выражениями записывается связка ИЛИ.

Т а б л и ц а 3.3 – Логические примечания к А-сценарию

Операция	Логическая формула преобразования потоков
$V_1$	$(P_1P_2R_1 \rightarrow P_4P_5P_6P_7R_1)$ ИЛИ $(P_1P_2R_1 \rightarrow P_4P_5P_6P_8R_1)$
$V_2$	$P_4 \rightarrow P_2$
$V_3$	$(P_7R_1 \rightarrow P_{10})$ ИЛИ $(P_9R_1 \rightarrow P_{10})$
$V_4$	$P_8R_1 \rightarrow P_9R_1$
$V_5$	$P_{10} \rightarrow P_3$

Для моделирования перехода системы управления КБВ из одного состояния в другое в графе выбирают пути от первого этапа в заключительные (от «корня» к «листьям»). Каждому пути соответствует определенный набор операций. Используя теорию графов можно найти оптимальный путь, который будет соответствовать наилучшему набору решений и действий для системы управления КБВ.

Для этого структура построенного графа задается двумя матрицами инцидентности: матрицей прямого и альтернативных потоков (уровень риска или угрозы) соответственно:

$$H^{in} = (\alpha_{i,j})_{N \times M}, \quad (3.3)$$

$$H^{out} = (\beta_{i,j})_{N \times M}, \quad (3.4)$$

где

$$\alpha_{i,j} = \begin{cases} 1, & \text{если вершина } v_i \text{ инцидентна ребру } V_j \text{ и является её началом;} \\ 0, & \text{в противном случае;} \end{cases} \quad (3.5)$$

$$\beta_{i,j} = \begin{cases} 1, & \text{если вершина } v_i \text{ инцидентна ребру } V_j \text{ и является ее концом;} \\ 0, & \text{в противном случае;} \end{cases} \quad (3.6)$$

причем  $H^{in} + (-1 \cdot H^{out}) = H$ ,

где  $H = (h_{i,j})_{N,M}$  – общая матрица инцидентности для графа  $G(V, E)$ .

Ограничения для матриц инцидентности (возможность достижения любой вершины) задается матрицей  $Q = (q_{i_1, i_3})_{N_1 \times N_3}$ , элементы которой – правило существования пути из  $V_i$  в  $V_j$ .

$$q_{i_1, i_3} = \begin{cases} 1, & \text{если вершина } j \text{ достижима из } i; \\ 0, & \text{в противном случае.} \end{cases} \quad (3.7)$$

Введем функцию  $\Psi(X, P)$ , которая преобразует входные параметры в выходные. В свою очередь входные и выходные переменные также представляют пространство матриц

$$X = (x_{i,j})_{N \times M} + P = (p_{i,j})_{N \times M}$$

Кроме того,  $x_{i,j}$  и  $p_{i,j}$  определяют соответствующие элементы  $H^{in}$  и  $H^{out}$

Число элементов в матрице, например, входного потока  $H^{in}$  определяется условием

$$y_{i,y} \in \begin{cases} \{0, 1\}, & \text{если } \beta_{i,j} = 1; \\ \{0\}, & \text{в противном случае.} \end{cases} \quad (3.8)$$

Для выходного потока  $H^{out}$  аналогично.

Такая формализация позволяет записать в аналитическом виде зависимость управляющей функции от матриц входного и выходного потоков и определить вид целевой функции (достижение максимума КБВ).

$$\begin{aligned} \Psi(X, P) &\rightarrow \max, \\ x_{i,j}, y_{i,j} &\in \{0,1\} \\ t_{i_2,p} &\in \mathbb{Z}_{\geq 0}. \end{aligned} \quad (3.9)$$

С учетом на максимально допустимую стоимость проводимых мероприятий по КБВ ( $C_p$ ).

$$\sum_{i_2=1}^{N_2} \sum_{p=1}^P C_p \cdot t_{i_2,p} \leq \tilde{C}. \quad (3.10)$$

где  $t_{i_2,p}$  – некоторый параметр эффективности каждого запланированного мероприятия, который находится в пределах  $0 < t_{i_2,p} < 1$  (больше равно) и выбирается на основе экспертных решений.

Общий вид

$$\left\{ \begin{array}{l} \Psi(X, Y) \rightarrow \max; \\ x_{i,j}, y_{i,j} \in \{0,1\} \\ t_{i_2,p} \in \mathbb{Z}_{\geq 0} \\ \sum_{i_2=1}^{N_2} \sum_{p=1}^P C_p \cdot t_{i_2,p} \rightarrow \min \\ t_{i_2,p} \in \mathbb{Z}_{\geq 0} \end{array} \right. \quad (3.11)$$

при условии, что  $\sum_{i_2=1}^{N_2} \sum_{p=1}^P C_p \cdot t_{i_2,p} \leq \tilde{C}$ .

Проверка корректности абстрактного сценария проводится с помощью построения имитационной модели в нотации сетей Петри.

Построение сети Петри для А-сценария функционирования системы управления КБВ реализуется следующим образом:

- для каждой операции каждая входная (выходная) стрелка заменяется внутри блока входной (выходной) позицией, помеченной, как и убранная стрелка;
- для каждой части логической формулы преобразования потоков внутри

блока размещается соответствующий переход, и ему в соответствие ставятся входные и выходные позиции операции по соответствующей части логической формулы;

- одинаково помеченные позиции различных операций отождествляются.

Покажем для блока  $V_0$  (рисунок 3.3) такую процедуру на рисунках 3.4, 3.5.

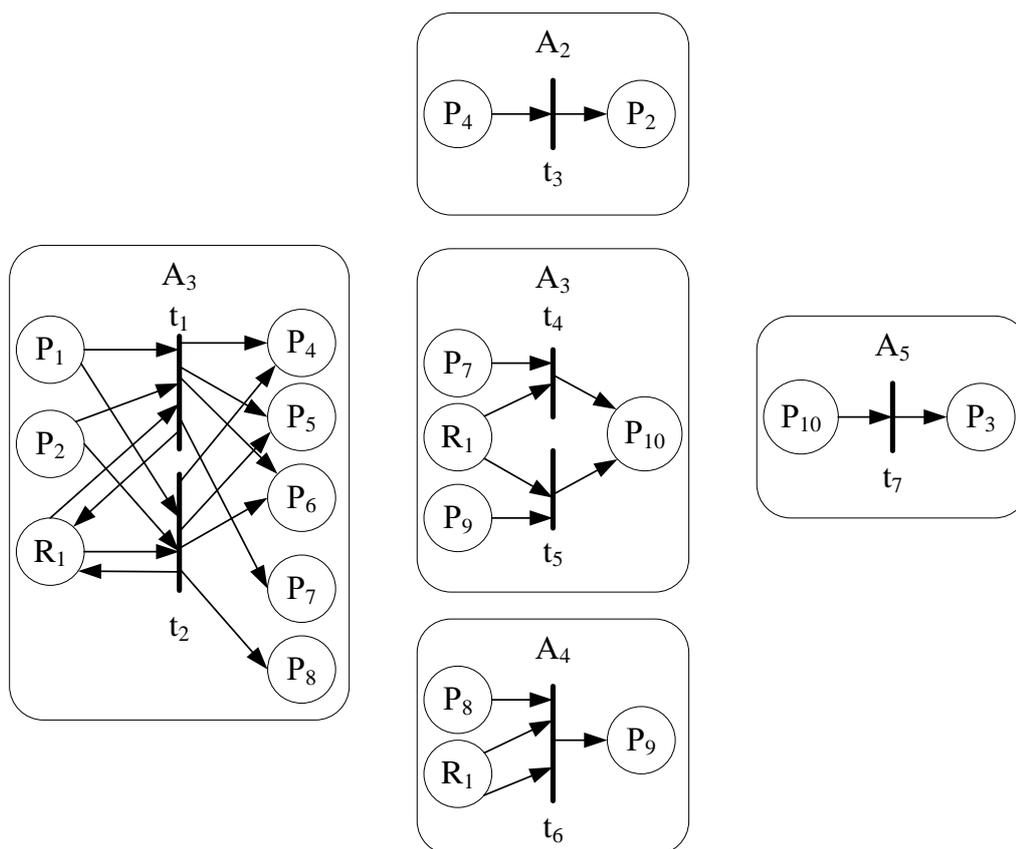


Рисунок 3.4 – Преобразование блока А-сценария в сеть Петри

После исключения стрелок и добавления позиций и переходов получаем набор фрагментов сети Петри, представленный на рисунке 3.4. После отождествления одинаково помеченных позиций получаем сеть Петри, представленную на рисунке 3.5.

Сеть Петри, построенная по А-сценарию, дает возможность моделировать поведение и контролировать информационные потоки системы управления КБВ, но без учета вероятности достижения целей и влияния внешних факторов.

Если в сети Петри одновременно активировано несколько переходов, то управление срабатыванием одного из них осуществляется извне. В сети Петри, моделирующей А-сценарий, управляющее воздействие определяет момент срабатывания переходов и выбирает элемент системы для удаления.

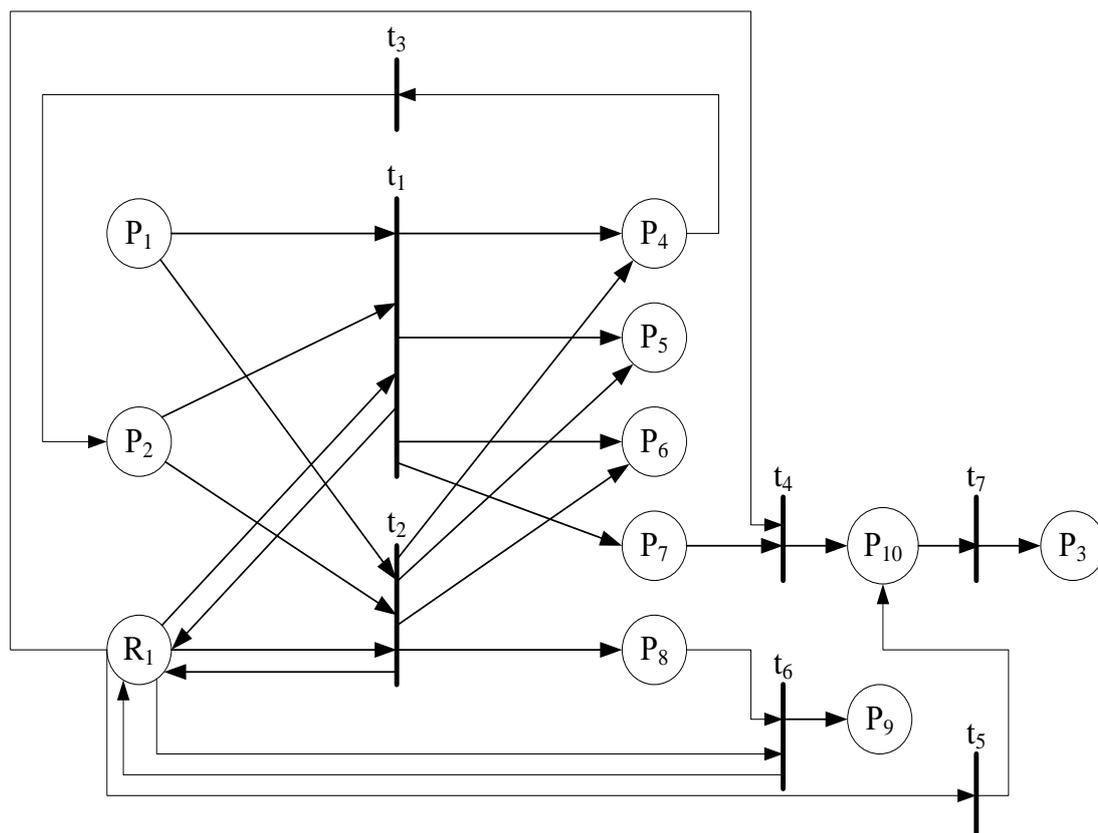


Рисунок 3.5 – Результат преобразования  $V_0$  в сеть Петри

Управляющее воздействие определяется логическим выражением, в которой и аргументы, и функция принимают только значения - ИСТИННО и ЛОЖНО. Полная функция создается из аргументов при помощи логических связей И, ИЛИ, НЕ. Аргументы при этом представляют собой условия, которым должны удовлетворять потоки и ресурсы в А-сценарии системы управления КБВ. Описание аргументов дается в виде текста, заключенного в «угловые» скобки. Аргументы функций управляющих воздействий являются

лингвистическими переменными. Управляющие воздействия для сети Петри рисунка 3.5 описаны в таблице 3.4.

Т а б л и ц а 3.4 – Управление переходами в сети Петри А-сценария

Переход	Управляющее воздействие
$t_1$	< Контроль объекта $P_{1,i}$ завершен выполнением мероприятий по обеспечению безопасности > И < Контроль объекта $P_{1,i}$ обеспечен ресурсом $R_1$ > И < $P_{1,i}$ обладает максимальным временем нахождения в поз. $P_1$ >
$t_2$	Аналогично условию для $t_1$ с тем отличием, что < Контроль объекта $P_{1,i}$ не обеспечен ресурсом $R_1$ >
$t_3$	< Мероприятия $P_{4,i}$ на объекте выполнены > И < $P_{4,i}$ обладает максимальным временем нахождения в поз. $P_4$ >
$t_4$	< Планируемые мероприятия $P_{7,i}$ обеспечены ресурсом $R_1$ > И < Планируемые мероприятия $P_{7,i}$ обладают максимальным временем нахождения в поз. $P_7$ >
$t_5$	< Компенсационные мероприятия $P_{9,i}$ обеспечены ресурсом $R_1$ > И < Компенсационные мероприятия $P_{9,i}$ обладают максимальным временем нахождения в поз. $P_9$ >
$t_6$	< Невыполненные мероприятия $P_{8,i}$ обеспечены ресурсом $R_1$ > И < Невыполненные мероприятия $P_{8,i}$ обладают максимальным временем нахождения в поз. $P_8$ >
$t_7$	< Обеспеченные ресурсами мероприятия $P_{10,i}$ обладают максимальным временем нахождения в поз. $P_{10}$ >

Анализ сети Петри выполняется с помощью дерева достижимости ее состояний, которое записывается в виде матрицы состояний. Из-за большой размерности матрицы необходимо преобразовать ее в линейную форму, называемую лентой достижимости. Лента достижимости – это таблица, строки которой соответствуют позициям, а столбцы – состояниям сети Петри для А-сценария (таблица 3.3). В последней ячейке каждого столбца записано соответствующее состояние  $S_i$ , а в первой – пары  $S_{jtk}$ , где  $S_j$  - состояние,

предшествующее состоянию  $S_i$ , и  $t_k$  - переход из состояния  $S_j$  в состояние  $S_i$  ( $i, j = 0, 1, \dots, N; k = 1, \dots, m$ ). В прочих ячейках столбца указываются значения позиций  $P_1, \dots, P_n$ , соответствующие данному состоянию. Крайний левый столбец отражает исходное состояние  $S_0$ , при котором первая ячейка остается пустой.

Формирование ленты достижимости для сети Петри производится по следующему алгоритму. Главной вершине ставится в соответствие исходному состоянию  $S_0$ , затем проверяется активность всех переходов  $t_k$ ,  $k = 1, \dots, m$ . Если переход  $t_k$  является активным, то вводится дуга, обозначенная как  $t_k$  и входящая в порождаемую вершину графа  $S_i$  (соответствует состоянию, в которое сеть переходит из состояния  $S_0$  после срабатывания  $t_k$ ). Вершины, возникшие при формировании ленты достижимости, являются граничными, а возникшие на предыдущих шагах – внутренними. Такие шаги повторяются для всех граничных вершин и прекращаются в двух случаях:

- если граничная вершина является тупиковой;
- если граничная вершина соответствует состоянию, уже существующему в какой-либо из внутренних вершин (такие вершины называют дублирующими).

Разворачивать ленту из дублирующей вершины не имеет смысла, поскольку новая часть графа совпадет с той, которая была создана при первом появлении дублирующей вершины.

В ленте достижимости вместо добавления граничной вершины прибавляется крайний справа (граничный) столбец. Столбец  $S_i$  заполняется по следующему правилу: значения позиций, которые являются входными для  $t_k$ , сокращаются на единицу; значения позиций, являющихся выходными для  $t_k$  – возрастают на единицу; в остальные позиции записываются значения из

предшествующего состояния  $S_j$ .

Столбцы, соответствующие тупиковым состояниям, помечаются верхним индексом «Т», и таких меток не должно быть в первых ячейках правых столбцов.

Завершение формирования ленты достижимости наступает при невозможности добавления справа ни одного граничного столбца. В ленте достижимости особым образом отмечают конечные состояния (столбцы), соответствующие достигнутым целям системы управления КБВ. Каждое конечное состояние  $S_{кон}$  должно быть достижимо из исходного состояния  $S_0$ , то есть на пути, ведущем из состояния  $S_0$  в состояние  $S_{кон}$ , не должно быть тупиковых ветвей и «ловушек» (хотя сами конечные состояния по сути являются тупиковыми, т.е. устойчивыми).

В ленте достижимости по таблице 3.5 два конечных тупиковых состояния -  $S^T_8$  и  $S^T_{18}$ . В состояние  $S^T_8$  сеть переходит из  $S_0$  используя последовательность переходов  $\sigma = t_1 t_3 t_1 t_4 t_7 t_3 t_4 t_7$ , в  $S^T_{18}$  - последовательностью  $\sigma = t_2 t_3 t_2 t_6 t_5 t_6 t_5 t_7 t_7 t_3$ .

Анализ структуры конечных состояний ленты достижимости показывает, что первоначальный А-сценарий  $V_0$  (рисунок 3.3) был не верен. В состояниях  $S^T_8$  и  $S^T_{18}$  при проведении двух обследований не выданы никакие указания по исправлению нарушений, а при уже проведенных двух мероприятиях, ошибочно запланировано еще одно мероприятие с выделением дополнительного ресурса. Такой ситуации на практике быть не должно.

Т а б л и ц а 3.5 – Фрагмент ленты достижимости для сети Петри А-сценария системы управления КБВ

Состояние - активированный переход		$S_0 t_1$	$S_1 t_3$	$S_2 t_1$	$S_3 t_4$	$S_4 t_7$	$S_5 t_3$	$S_6 t_4$	$S_7 t_7$	$S_8 t_2$	$S_9 t_3$	$S_{10} t_2$	$S_{11} t_6$	$S_{12} t_5$	$S_{13} t_6$	$S_{14} t_5$	$S_{15} t_7$	$S_{16} t_7$	$S_{16} t_3$	
Число объектов на входе	$P_1$	2	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Планируемые мероприятия	$P_2$	1	0	1	0	0	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
Выполненные мероприятия	$P_3$	0	0	0	0	0	1	1	1	2	0	0	0	0	0	0	0	1	2	2
Число выданных предписаний	$P_4$	0	1	0	1	1	1	0	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0
Число контрольных осмотров	$P_5$	0	1	1	2	2	2	2	2	2	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2
Требуемый ресурс	$P_6$	0	1	1	2	2	2	2	2	2	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2
Мероприятия, обеспеченные ресурсом	$P_7$	0	1	1	2	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Мероприятия, не обеспеченные ресурсом	$P_8$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2	1	1	0	0	0	0	0
Компенсирующие мероприятия	$P_9$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0
Окончательный контроль	$P_{10}$	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	2	1	0	0
Объем ресурса	$R_1$	50	50	50	50	40	40	40	30	30	50	50	50	50	40	40	30	30	30	30
Состояние сети Петри	$S_0$	$S_1$	$S_2$	$S_3$	$S_4$	$S_5$	$S_6$	$S_7$	$S_8^T$	$S_9$	$S_{10}$	$S_{11}$	$S_{12}$	$S_{13}$	$S_{14}$	$S_{15}$	$S_{16}$	$S_{17}$	$S_{18}^T$	

Поток объектов контроля сортируется операцией V1 на планируемые мероприятия и отклоненные. Планируемые мероприятия направляются на операцию V2, где проверяется их обеспеченность ресурсами. Поток обеспеченных мероприятий передается на выполнение (операцию V3), поток необеспеченных мероприятий – на операцию V4 выполнения компенсационных мероприятий. Кроме того, операция V2 формирует поток отсроченных и компенсационных мероприятий.

Откорректированный А-сценарий V<sub>0</sub> представлен на рисунок 3.6.

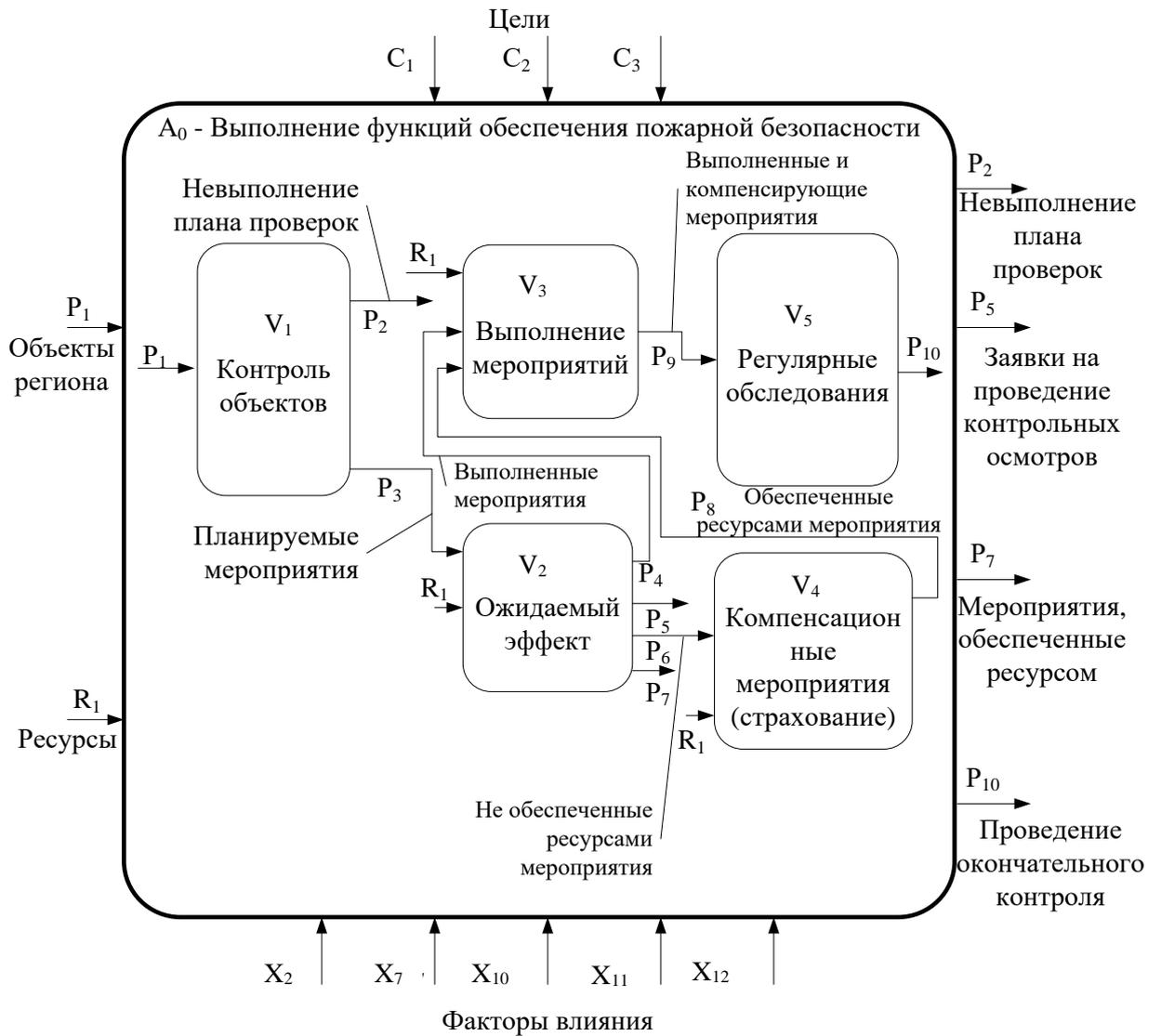


Рисунок 3.6 – Откорректированный А-сценарий

После проведения дополнительно обеспеченных ресурсами мероприятий  $P_8$  операция  $V_3$  передает поток  $P_9$  выполненных и компенсирующих мероприятий, который обрабатывается операцией  $V_5$  в поток  $P_{10}$ , подлежащий регулярному контролю. Логика преобразования потоков в откорректированном сценарии  $V_0$  представлена в таблице 3.6.

Т а б л и ц а 3.6 – Логика преобразования потоков в откорректированном сценарии  $V_0$

Операция	Логическая формула преобразования потоков
$V_1$	$(P_1 \rightarrow P_2)$ или $(P_1 \rightarrow P_3)$
$V_2$	$(P_3 R_1 \rightarrow P_4 P_5 R_1)$ или $(P_3 R_1 \rightarrow P_6 P_7 R_1)$
$V_3$	$(P_4 R_1 \rightarrow P_9)$ или $(P_8 R_1 \rightarrow P_9)$
$V_4$	$P_6 R_1 \rightarrow P_8 R_1$
$V_5$	$P_9 \rightarrow P_{10}$

Графическое описание откорректированного А-сценария (рисунок 3.6) и таблицы 3.6 представлены сетью Петри, изображенной на рисунке 3.7. Фрагмент ленты достижимости этой сети представлен в таблице 3.7.

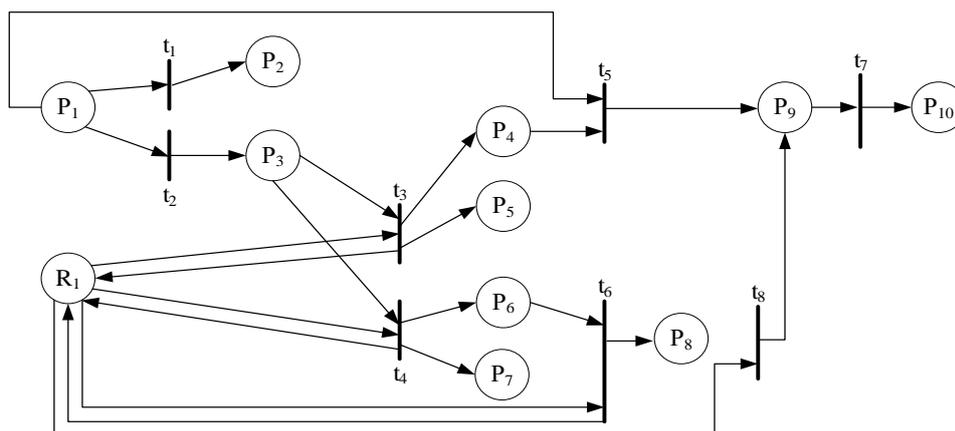


Рисунок 3.7 – Результат преобразования А-сценария в сеть Петри

Управление переходами сети Петри рисунка 3.7, необходимое для имитационного моделирования сети, представлено в таблице 3.8.

Т а б л и ц а 3.7 – Фрагмент ленты достижимости для сети Петри А-сценария системы управления КБВ

Состояние - активированный переход		$S_0t$	$S_1t_1$	$S_1t_2$	$S_3t_3$	$S_4t_5$	$S_5t_7$	$S_0t_2$	$S_7t_2$	$S_8t_3$	$S_9t_5$	$S_{10}t_7$	$S_{11}t_4$	$S_{12}t_6$	$S_{13}t_8$	$S_{14}t_7$	
Число объектов на входе	$P_1$	2	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	
Планируемые мероприятия	$P_2$	0	1	2	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
Выполненные мероприятия	$P_3$	0	0	0	1	0	0	0	1	2	1	1	1	0	0	0	
Число выданных предписаний	$P_4$	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	
Число контрольных осмотров	$P_5$	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	
Требуемый ресурс	$P_6$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	
Мероприятия, обеспеченные ресурсом	$P_7$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	
Мероприятия, не обеспеченные ресурсом	$P_8$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	
Компенсирующие мероприятия	$P_9$	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	
Окончательный контроль	$P_{10}$	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	2	
Объем ресурса	$R_1$	50	50	50	50	50	40	40	50	50	50	40	40	50	40	30	
Состояние СП		$S_0$	$S_1$	$S_2$	$S_3$	$S_4$	$S_5$	$S_6^r$	$S_7$	$S_8$	$S_9$	$S_{10}$	$S_{11}$	$S_{12}$	$S_{13}$	$S_{14}$	$S_{15}^r$

Т а б л и ц а 3.8 – Управление переходами в сети Петри А-сценария рисунка 3.7

Переход	Управляющее воздействие
$t_1$	< Объект $P_{1,i}$ обладает максимальным временем нахождения в поз. $P_1$ > И < Объект $P_{1,i}$ отклонен >
$t_2$	То же и объект $P_{1,i}$ находится в плане контроля
$t_3$	< $P_{3,i}$ обладает максимальным временем нахождения в поз. $P_3$ > И < Мероприятия $P_{3,i}$ обеспечены ресурсом $R_1$ >
$t_4$	< $P_{3,i}$ обладает максимальным временем нахождения в поз. $P_3$ > И < Мероприятия $P_{3,i}$ не обеспечены ресурсом $R_1$ >
$t_5$	< Мероприятия $P_{4,i}$ обладают максимальным временем нахождения в поз. $P_4$ >
$t_6$	< Планируемые мероприятия $P_{6,i}$ обладают максимальным временем ожидания в поз. $P_6$ > И < Планируемые мероприятия $P_{6,i}$ требуют дополнительного ресурса $R_1$ >
$t_7$	< Компенсационные мероприятия $P_{9,i}$ обеспечены ресурсом $R_1$ > И < Компенсационные мероприятия $P_{9,i}$ обладают максимальным временем нахождения в поз. $P_9$ >
$t_8$	< Невыполненные мероприятия $P_{8,i}$ требуют ресурса $R_1$ > И < Невыполненные мероприятия $P_{8,i}$ обладают максимальным временем нахождения в поз. $P_8$ >

### 3.4 Выводы по главе 3

1. На основании выполненного анализа организационно-правовых основ управления комплексной безопасностью образовательных организаций Российской Федерации выполнено категорирование вузов по типам и формам взаимодействия с органами исполнительной власти по проблемам обеспечения комплексной безопасности.

2. Выявлены проблемы обеспечения комплексной безопасности крупного

университета и показано, что важной стороной исследования комплексной безопасности вуза является оценка угроз, классификация их видов, оценка рисков их возможной реализации в современной ситуации.

3. Разработаны модели управления показателями комплексной безопасностью вуза - предложен новый подход к управлению комплексной безопасностью вуза, который отличается от существующего в настоящее время способа планирования большинства мер комплексной защиты объекта.

4. Были смоделированы и реализованы с использованием аппарата сетей Пети сценарии управления системой комплексной безопасности вуза. Получены численные характеристики, использованные при разработке имитационной модели системы управления

## **ГЛАВА 4. СОЗДАНИЕ МОДЕЛЕЙ И РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ РЕЙТИНГОВЫМИ ПОКАЗАТЕЛЯМИ ВУЗА**

### **4.1 Разработка информационной модели системы управления показателями вуза на примере РУДН**

#### **4.1.1 Анализ информационных процессов управления и деятельности РУДН**

Российский университет дружбы народов (РУДН) является многопрофильным международным университетом, основным видом деятельности которого является подготовка кадров по образовательным программам высшего образования, проведение научных исследований, распространение научного и образовательного опыта путем издания различных учебных пособий, монографий и др.

Вуз ведет активное международное сотрудничество с иностранными университетами и организациями. Широкие и устойчивые международные контакты активно используются РУДН для организации и проведения международных научно-практических конференций, семинаров и круглых столов с участием ведущих специалистов зарубежных университетов-партнеров.

Помимо этого, РУДН имеет широкий спектр деятельности, включающий строительство (новых корпусов общежитий и административных зданий - кампусов), торговлю, логистику, издание журналов и периодических изданий, научные исследования, медицину, подготовку кадров и студентов, и др.

Главой университета является ректор. В его подчинении находятся проректоры, отвечающие за различные области деятельности вуза. Проректорам

подчиняются департаменты, управления, институты и отделы, относящиеся к соответствующим сферам деятельности университета.

Организационная структура вуза представлена на рисунке 4.1.

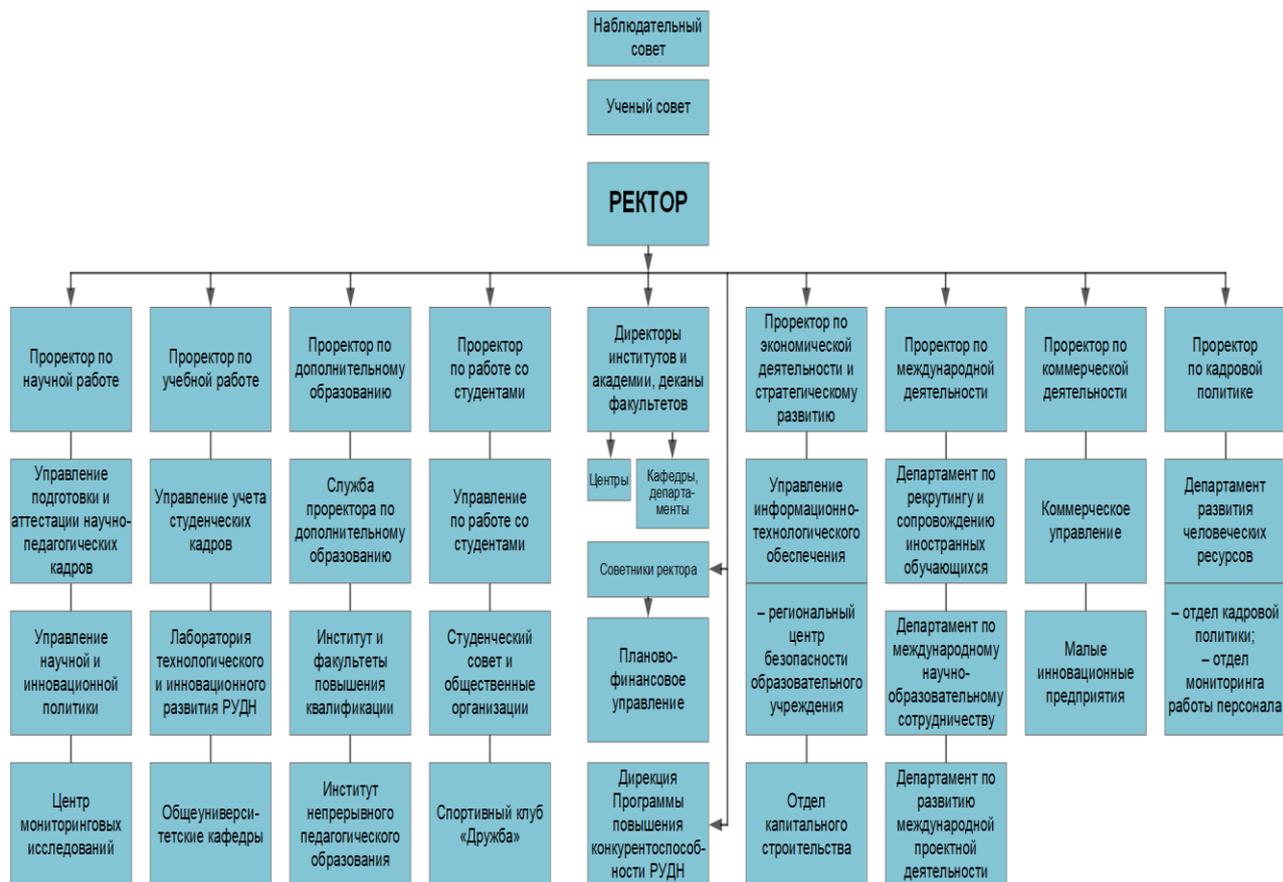


Рисунок 4.1 – Организационная структура РУДН

Формирование рейтинга университета и анализ рейтинговых показателей входит в функциональные обязанности Дирекции Программы повышения конкурентоспособности РУДН (ППК РУДН). Дирекция подчиняется непосредственно ректору университета и его советникам.

Задачи Дирекции ППК:

– сбор сведений об академической и научно-исследовательской деятельности университета, эффективности работы профессорско-

преподавательского состава, международной деятельности вуза и др.;

- анализ и агрегирование полученных сведений;
- формирование и анализ рейтинга РУДН на основе полученных сведений

по показателям международных рейтинговых систем.

Для решения указанных задач Дирекция получает данные от следующих структурных подразделений:

- от департамента по рекрутингу и сопровождению иностранных обучающихся;
- от департамента по международному научно-образовательному сотрудничеству;
- от департамента по развитию международной проектной деятельности;
- от центра мониторинговых исследований;
- от управления по работе со студентами;
- от отдела коммерческого управления;
- от департамента развития человеческих ресурсов;
- от управления научной и инновационной политики;
- от отдела мониторинга работы персонала;
- от управления подготовки и аттестации научно-педагогических кадров;
- от отдела управления учетом студенческих кадров;
- от департамента по международному научно-образовательному сотрудничеству;
- от отдела управления научной и инновационной политики.

За сбор данных по отдельным критериям отвечают определенные отделы и подразделения. Так центр мониторинговых исследований отвечает за:

- академическую репутацию вуза;

- состояние академической среды вуза;
- исследовательскую репутацию вуза в регионе и мире.

Коммерческое управление:

- за репутацию выпускников среди работодателей.

Департамент развития человеческих ресурсов:

- за качество трудоустройства выпускников.

Управление по работе со студентами:

- за индекс наград и достижений выпускников.

Отдел мониторинга профессиональной деятельности:

- за соотношение числа преподавателей и студентов.

Отдел управления научной и инновационной политикой:

- за исследовательскую репутацию вуза;
- за влияние консультаций и инноваций вуза на отрасль.

Отдел мониторинга работы персонала:

- за качество образовательной деятельности;
- за долю сотрудников, имеющих ученую степень;
- за индекс наград ППС.

Управление подготовки и аттестации научно-педагогических кадров:

- за количество опубликованных статей на одного сотрудника.

Отдел управления учетом студенческих кадров:

- за долю иностранных студентов в общем числе студентов.

Департамент по международному научно-образовательному сотрудничеству:

- за международное сотрудничество.

За сбор данных по остальным критериям отвечают Проректоры.

#### **4.1.2 Разработка модели информационных процессов управления рейтингом вуза на примере РУДН**

Разработка моделей процессов определения рейтинга высшего учебного заведения на примере Российского университета дружбы народов (РУДН) выполнена с помощью инструментального средства CA ER Win Process Modeler в нескольких нотациях.

Для исследования предметной области применена методология IDEF3, описывающая причинно-следственные связи между событиями процессов с использованием структурного метода отображения функциональных особенностей объекта автоматизации.

На рисунке 4.3 представлена контекстная диаграмма верхнего уровня функциональной модели деятельности соответствующего департамента вуза, ответственного за формирование рейтинга и определение соответствующих показателей в нотации IDEF0.

Входными данными модели служат данные об академической деятельности университета, данные о научно-исследовательской деятельности, данные об эффективности деятельности ППС университета, данные о международной деятельности, иные данные о результатах деятельности вуза, внешние и внутренние запросы отчетности.

На выходе модели формируются рейтинг вуза за отчетный период, аналитический отчет о результатах деятельности университета для внутреннего использования, отчетные и информационные материалы по внешним запросам (статистическая отчетность, результаты мониторинга, результаты формирования рейтинга за отчетный период).

Модель управляется следующими документами: Устав ФГБОУ ВО РУДН, Приказ МинОбрНауки РФ от 05.12.14 №1547, Положение о Департаменте МАП РУДН.

Механизмы реализации и исполнители: начальник УОП РУДН, директор Департамента МАП, инженер Департамента МАП.

Далее выполнена декомпозиция центрального функционального блока. Разработанная в результате диаграмма декомпозиции уровня А0 представлена на рисунке 4.3.

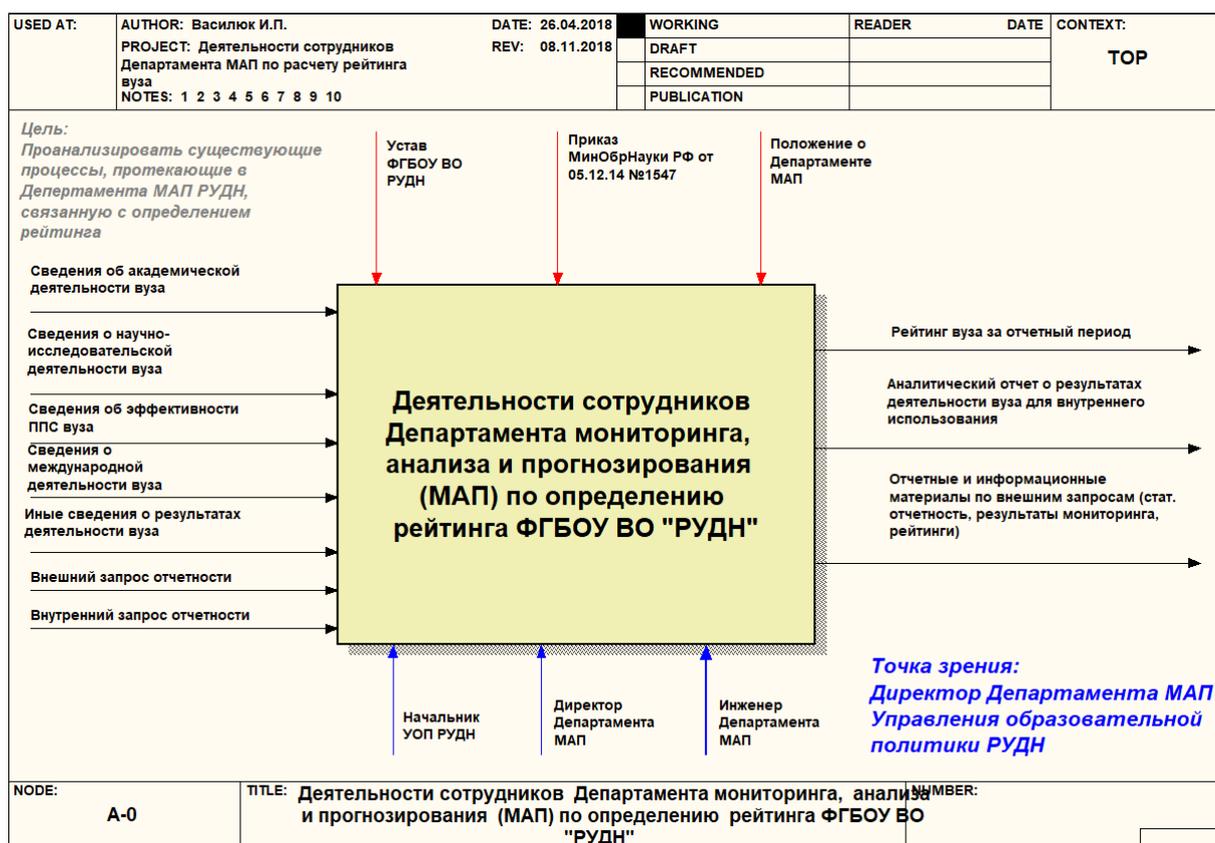


Рисунок 4.2 - Контекстная диаграмма верхнего уровня

На основе анализа декомпозированных диаграмм были определены основные процессы деятельности сотрудников вуза, связанные с формированием его рейтинговых показателей: оценить результаты академической деятельности вуза, оценить результаты НИД вуза, оценить эффективность деятельности ППС вуза, оценить иные результаты деятельности вуза, сформировать внутреннюю и внешнюю отчетность.

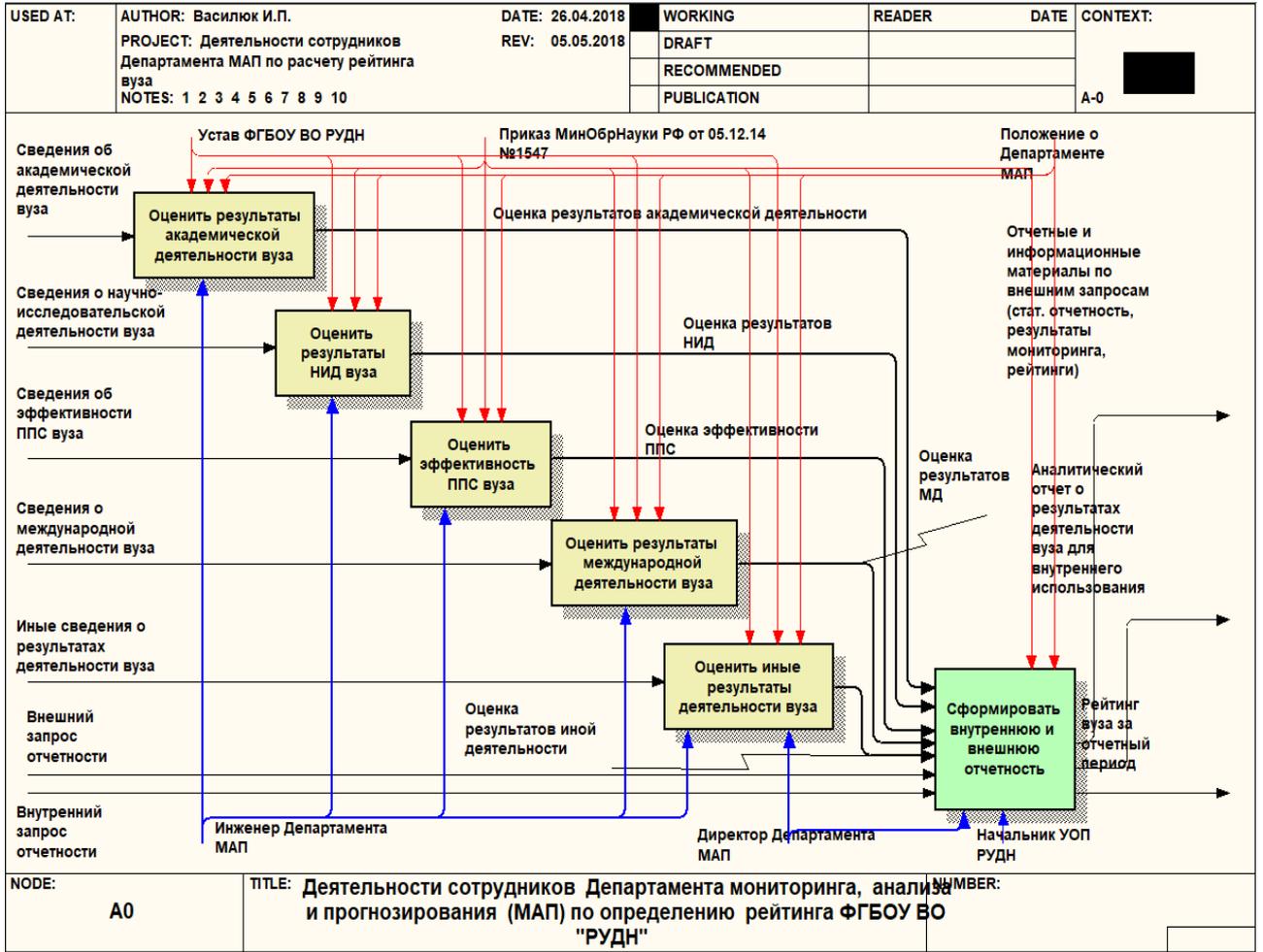


Рисунок 4.3 - Диаграмма декомпозиции уровня А0

Описанные выше функциональные блоки далее дополнительно декомпозируются и представляются в виде диаграмм описаний последовательностей этапов процессов в нотации IDEF3 (рисунки 4.4 - 4.8).

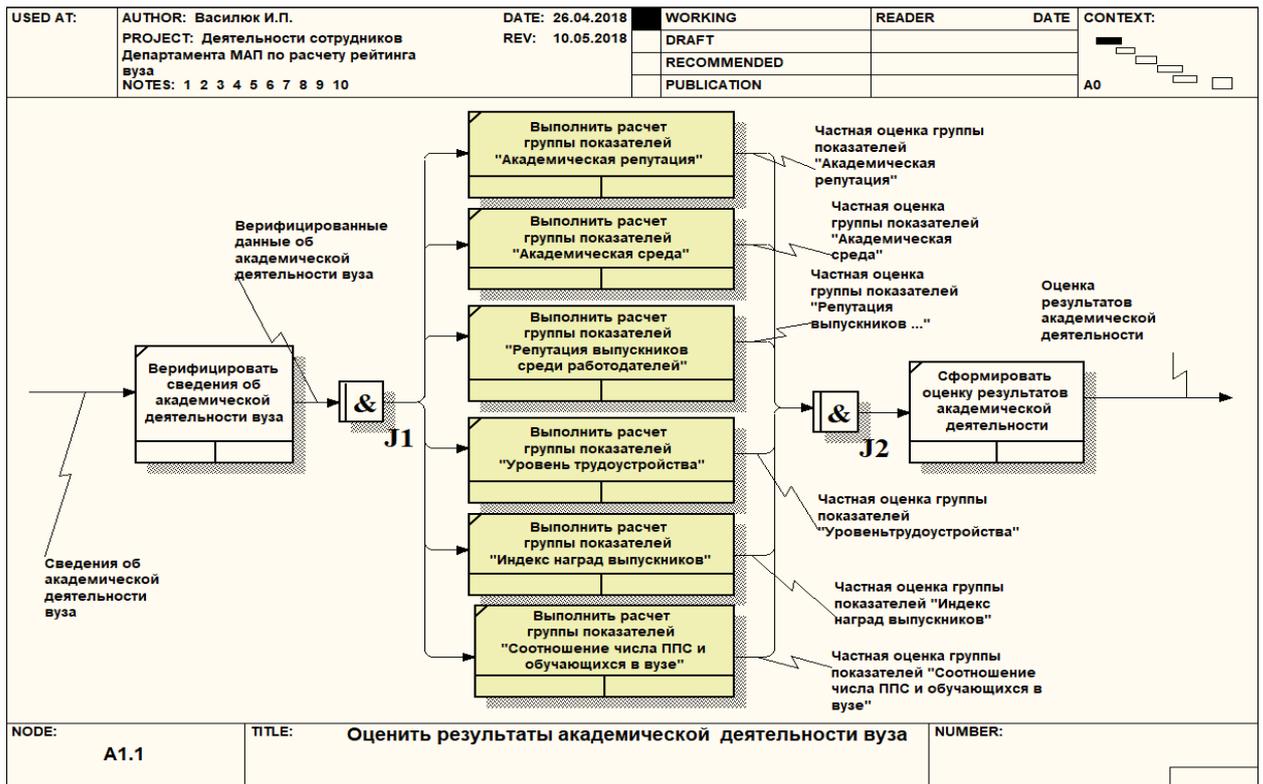


Рисунок 4.4 - Диаграмма описания последовательности этапов процесса "Оценить результаты академической деятельности вуза"

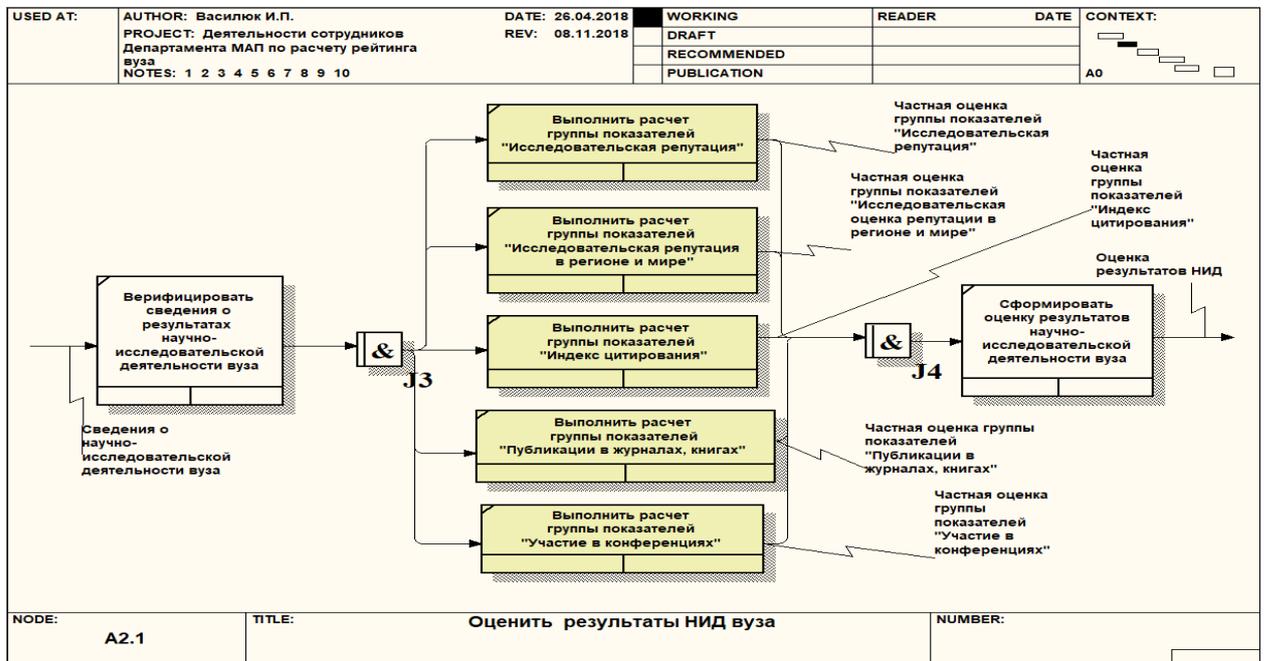


Рисунок 4.5 - Диаграмма описания последовательности этапов процесса "Оценить результаты НИД вуза"

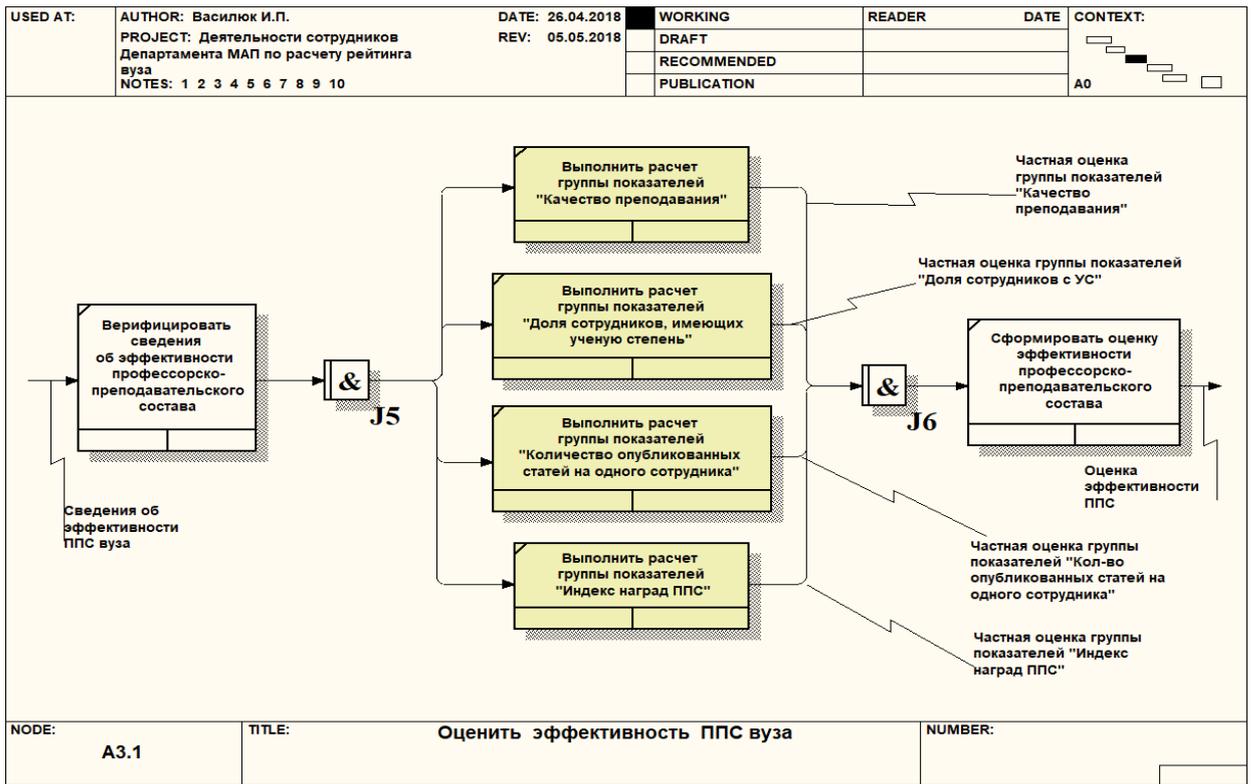


Рисунок 4.6 - Диаграмма описания последовательности этапов процесса "Оценить ППС вуза"

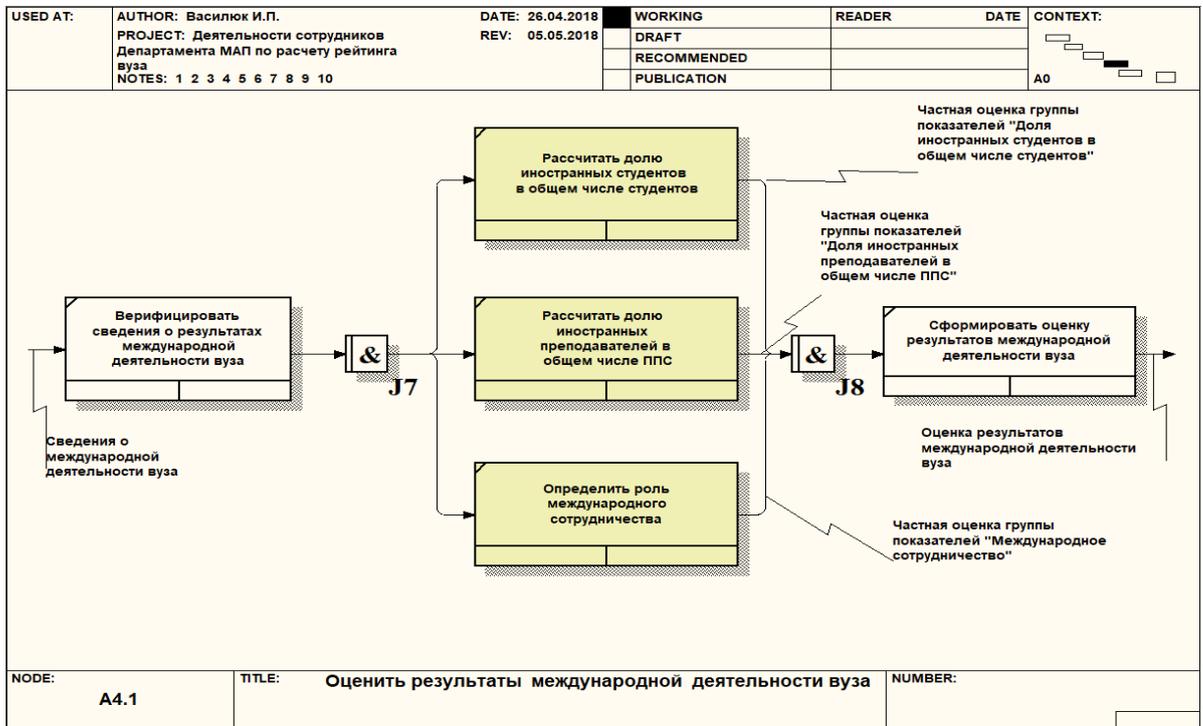


Рисунок 4.7 - Диаграмма описания последовательности этапов процесса "Оценить результаты международной деятельности вуза"

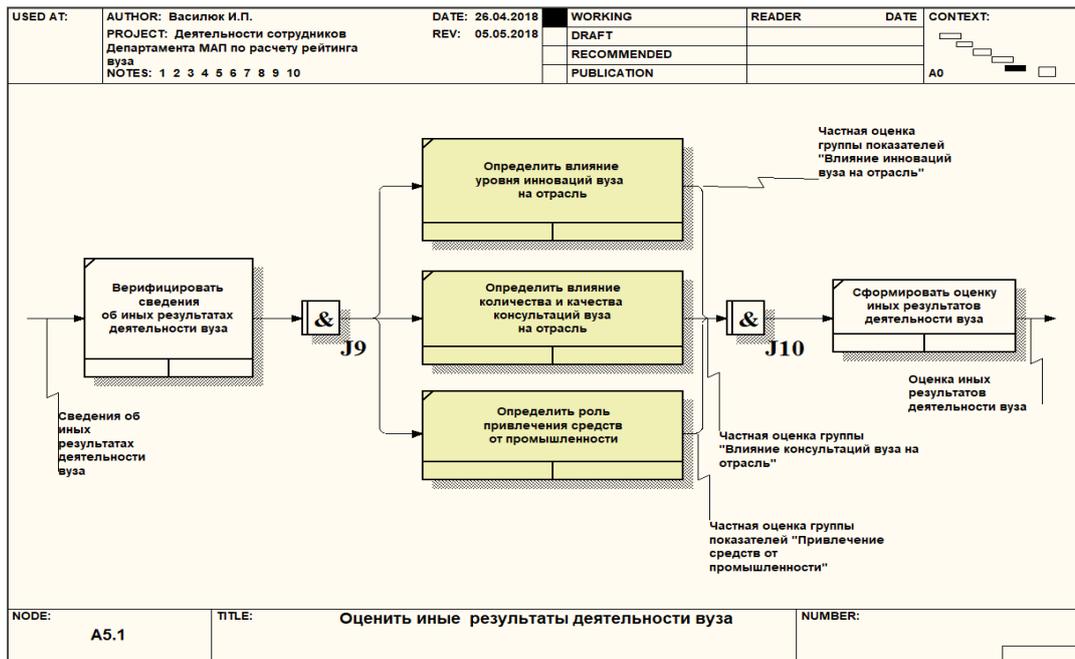


Рисунок 4.8 - Диаграмма описания последовательности этапов процесса "Оценить иные результаты деятельности вуза"

Рассмотрим диаграмму описания последовательности этапов процесса «Сформировать внутреннюю и внешнюю отчетность». Она представлена на рисунке 4.9.

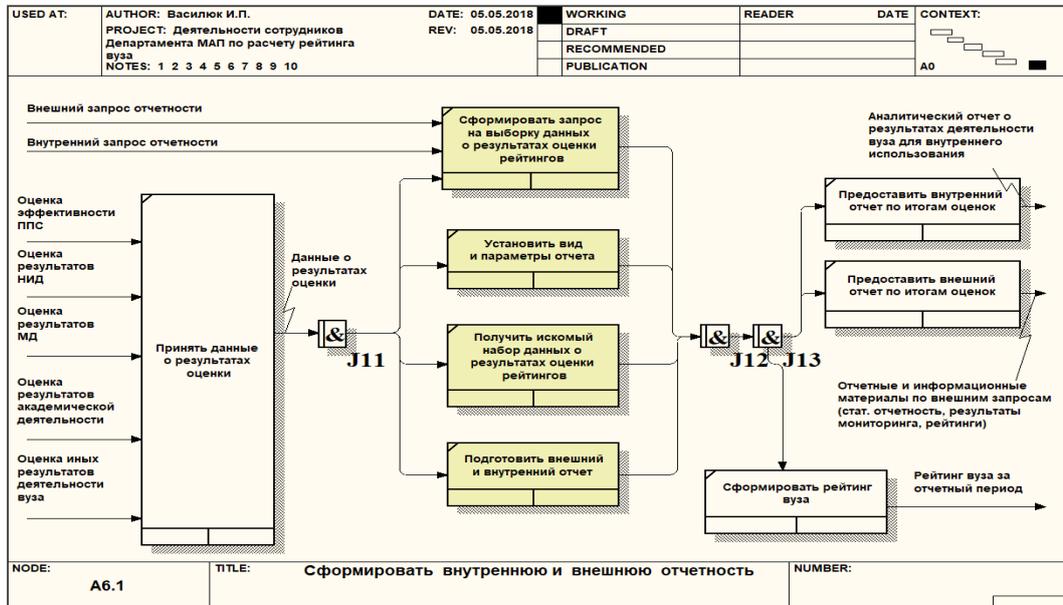


Рисунок 4.9 - Диаграмма описания последовательности этапов процесса "Сформировать внутреннюю и внешнюю отчетность"

На базе утвержденной программы собираются рейтинговые показатели для работы, определяется рейтинг результатов академической деятельности, рейтинг эффективности ППС, результатов научно-исследовательской и методической деятельности сотрудников Департамента МАП РУДН. На основе итоговых результатов принимается решение о формировании рейтинговой оценки.

Результаты выполненного анализа процессов деятельности могут быть использованы для разработки функциональных требований к создаваемой информационной системе:

- 1) автоматизированное ведение базы показателей рейтинговой оценки вуза;
- 2) определение рейтинга обучающихся вуза;
- 3) определение рейтинга оснащенности вуза;
- 4) формирование рейтинговой оценки вуза по основным показателям;
- 5) формирование отчетности по рейтинговым оценкам вуза.

#### **4.2 Схема информационных управленческих потоков и функциональные требования к разрабатываемой информационной системе управления рейтинговыми показателями вуза**

В настоящее время показателями развития национального российского высшего образования служат позиции отечественных вузов в мировых университетских рейтингах. Популярность различных систем оценки деятельности высшего учебного заведения обусловило их признание и распространение. Одним из индикаторов высокой рейтинговой оценки университета является качество образования. Значимость проведенного

исследования состоит в том, что разработанные модели являются базой для создания информационной системы определения рейтинга университета.

На контекстном уровне разработки модели функционирования информационной системы определения рейтинговых показателей вуза (ИС ОРВ) на примере РУДН была разработана диаграмма вариантов использования процессов функционирования ИС ОРВ, выполненная с использованием методологии моделирования бизнес-процессов – UML. Диаграмма вариантов использования процессов функционирования ИС ОРВ представлена на рисунке 4.10.

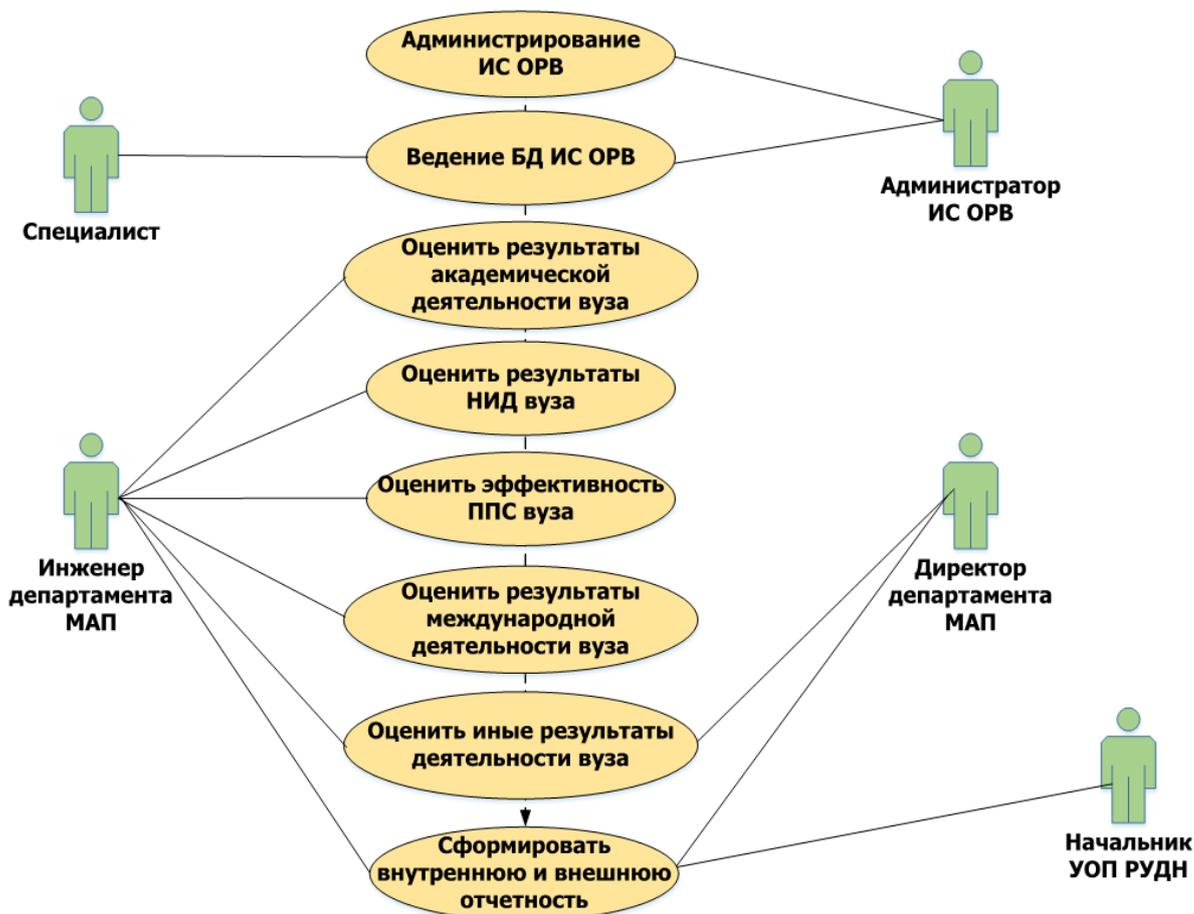


Рисунок 4.10 - Диаграмма вариантов использования процессов функционирования ИС ОРВ

Согласно диаграмме вариантов использования, для ИС ОРВ были выделены основные роли (пользователи), взаимодействующие с системой:

- специалист;
- инженер департамента;
- администратор ИС ОРВ;
- директор департамента;
- начальник УОП РУДН.

Основными процессами являются:

- оценить результаты академической деятельности вуза;
- оценить результаты научно-исследовательской деятельности (НИД) вуза;
- оценить эффективность деятельности ППС вуза и др.

Реализация модели функционирования информационной системы определения рейтинга вуза (ИС ОРВ) была выполнена с применением стандарта моделирования бизнес-процессов BPMN в среде инструментального средства Bizagi Process Modeler.

Далее для каждого варианта использования были разработаны схемы процессов на языке BPMN.

Были выявлены и подробно проанализированы следующие процессы: «Администрирование ИС ОРВ», «Ведение ИС ОРВ», «Оценить результаты академической деятельности вуза», «Оценить результаты научно-исследовательской деятельности вуза», «Оценить эффективность деятельности профессорско-преподавательского состава вуза», «Оценить результаты международной деятельности вуза», «Оценить иные результаты деятельности вуза», «Сформировать внутреннюю и внешнюю отчетность» (рисунки 4.11-4.17).

Основными компонентами процесса "Администрирование ИС ОРВ" являются операции с пользователем различных типов: «Установить роль пользователя ИС ОРВ», «Установить права доступа пользователя ИС ОРВ»,

«Зарегистрировать пользователя ИС ОРВ», «Создать резервную копию ИС ОРВ» и сообщение о разрешении доступа к ИС ОРВ, а также логические операторы, хранилища и объекты данных, соединительные элементы, дорожки и пулы.

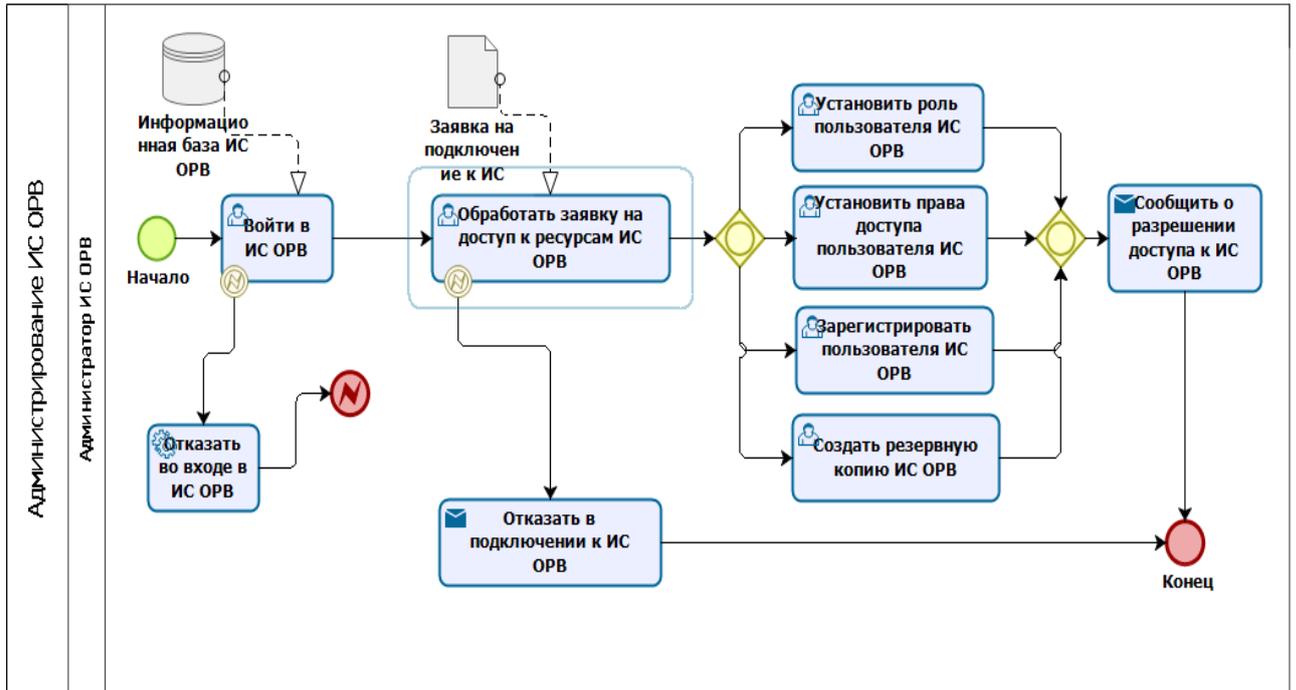


Рисунок 4.11 - Схема информационного процесса "Администрирование ИС ОРВ"

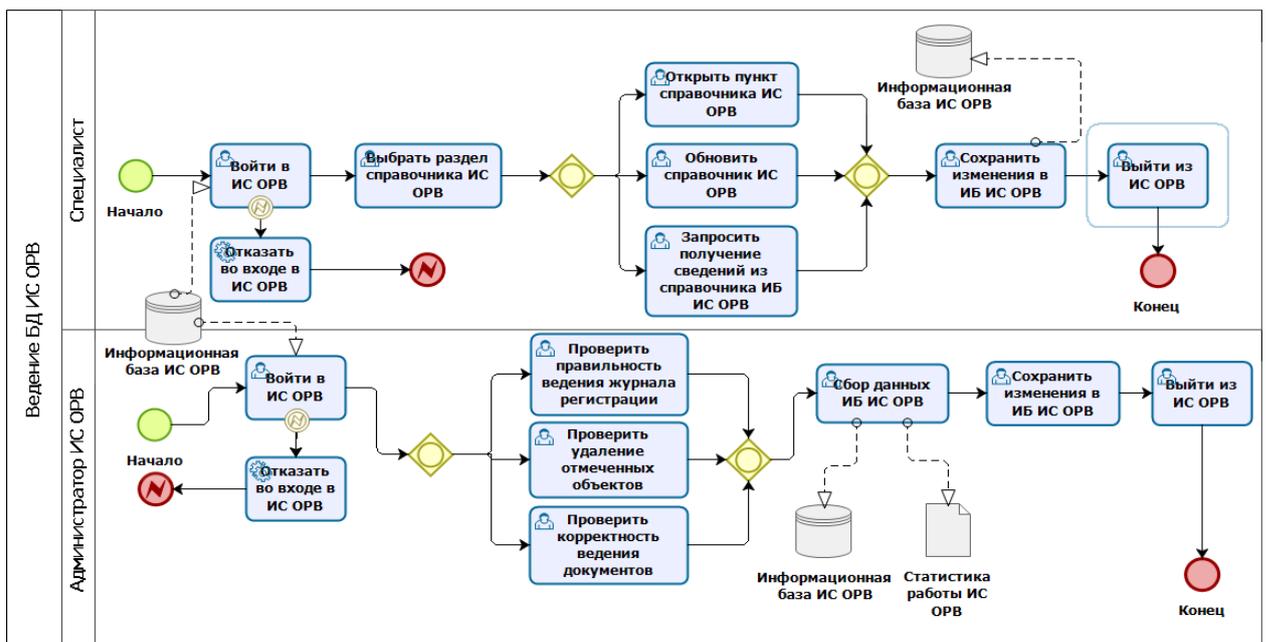


Рисунок 4.12 - Схема информационного процесса "Ведение БД ИС ОРВ"

За процесс "Ведение ИС ОРВ" отвечают два пула в виде «Администратора ИС ОРВ» и «Специалиста». В задачу «Администратора» входят такие элементы, как: «Проверить правильность ведения журнала регистрации», «Проверить удаление отмеченных объектов», «Проверить корректность ведения документов», а также «Сбор данных ИБ ИС ОРВ» с последующим сохранением изменений в ИБ ИС ОРВ.

Задачи «Специалиста» - «Открыть пункт справочника ИС ОРВ», «Обновить справочник ИС ОРВ», «Запросить получение сведений из справочника ИБ ИС ОРВ» и последующим сохранением изменений в ИБ ИС ОРВ.

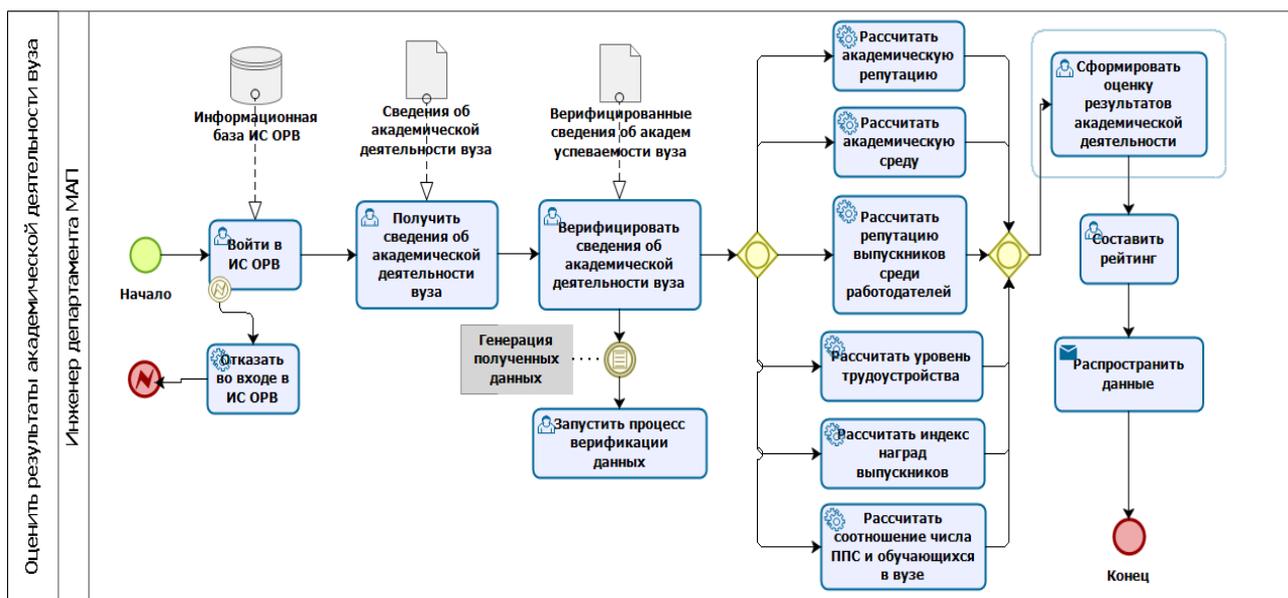


Рисунок 4.13 - Схема информационного процесса "Оценить результаты академической деятельности вуза"

Основными компонентами процесса "Оценить результаты академической деятельности вуза" являются операции различных типов расчета: «Рассчитать академическую репутацию», «Рассчитать академическую среду», «Рассчитать

репутацию выпускников среди работодателей», «Рассчитать уровень трудоустройства», «Рассчитать индекс наград выпускников», «Рассчитать соотношение числа ППС и обучающихся в вузе» с последующим формированием оценки результатов академической деятельности, составлением рейтинга и распространением данных.

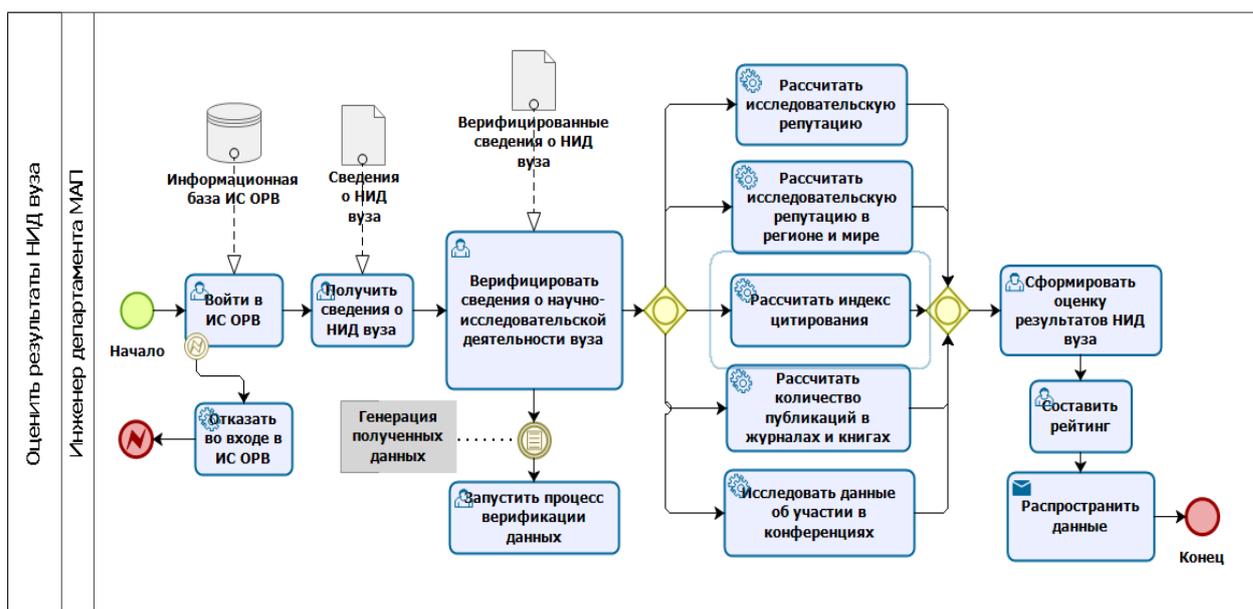


Рисунок 4.14 - Схема информационного процесса "Оценить результаты научно-исследовательской деятельности вуза"

Основными компонентами процесса "Оценить результаты научно-исследовательской деятельности вуза" являются операции различных типов расчета и исследований: «Рассчитать исследовательскую репутацию», «Рассчитать исследовательскую репутацию в регионе и мире», «Рассчитать индекс цитирования», «Рассчитать количество публикаций в журналах и книгах», «Исследовать данные об участии в конференциях» с последующим формированием оценки результатов НИД вуза, составлением рейтинга и

распространением данных.

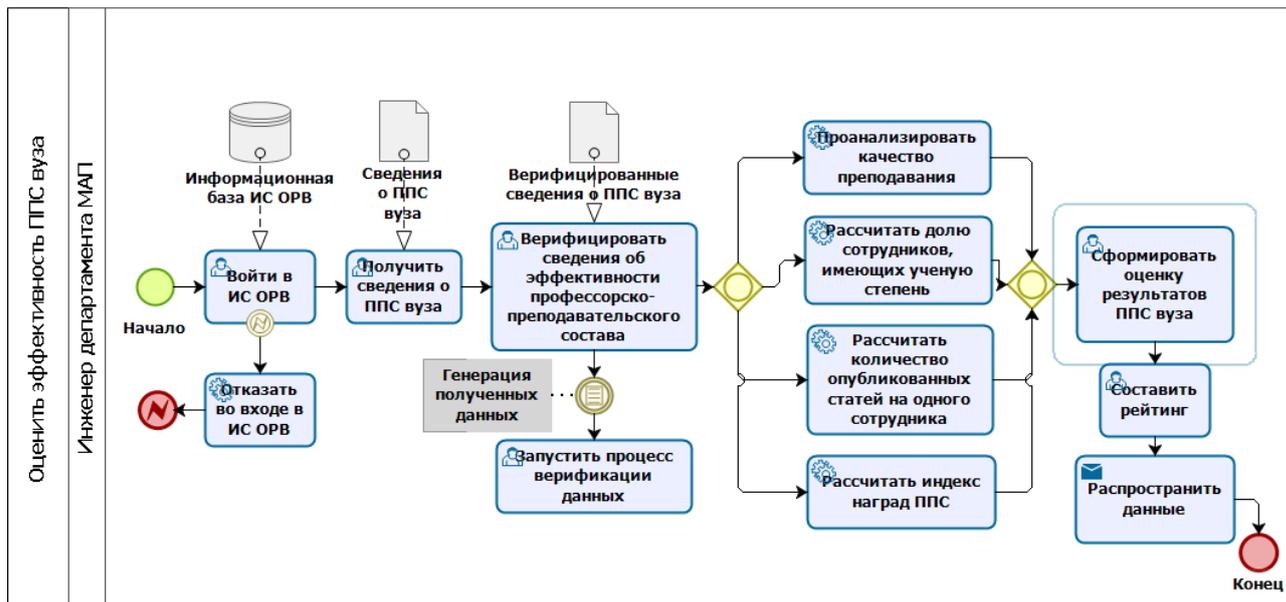


Рисунок 4.15 - Схема информационного процесса "Оценить эффективность профессорско-преподавательского состава вуза"

Основными компонентами процесса "Оценить эффективность профессорско-преподавательского состава вуза" являются операции по анализу и расчетам различных типов: «Проанализировать качество преподавания», «Рассчитать долю сотрудников, имеющих ученую степень», «Рассчитать количество опубликованных статей на одного сотрудника», «Рассчитать индекс наград ППС» с последующим формированием оценки результатов ППС вуза, составлением рейтинга и распространением данных.

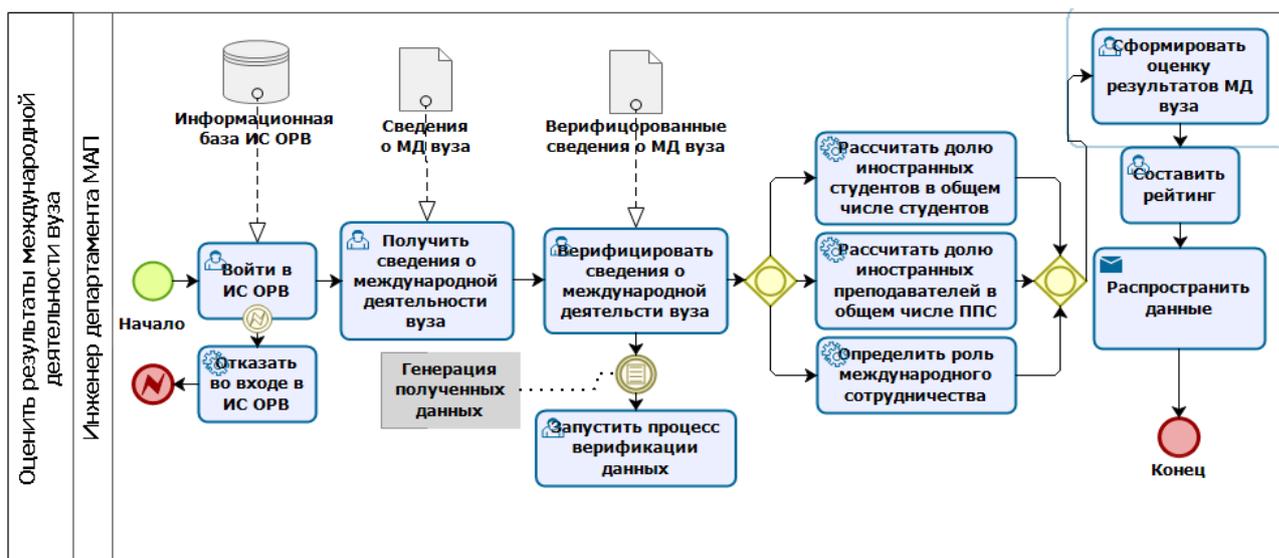


Рисунок 4.16 - Схема информационного процесса "Оценить результаты международной деятельности вуза"

Основными компонентами процесса "Оценить результаты международной деятельности вуза" являются различные операции по расчету и определению долей и ролей: «Рассчитать долю иностранных студентов в общем числе студентов», «Рассчитать долю иностранных преподавателей в общем числе ППС», «Определить роль международного сотрудничества» с последующей оценкой результатов МД вуза, составлением рейтинга и распространением данных.

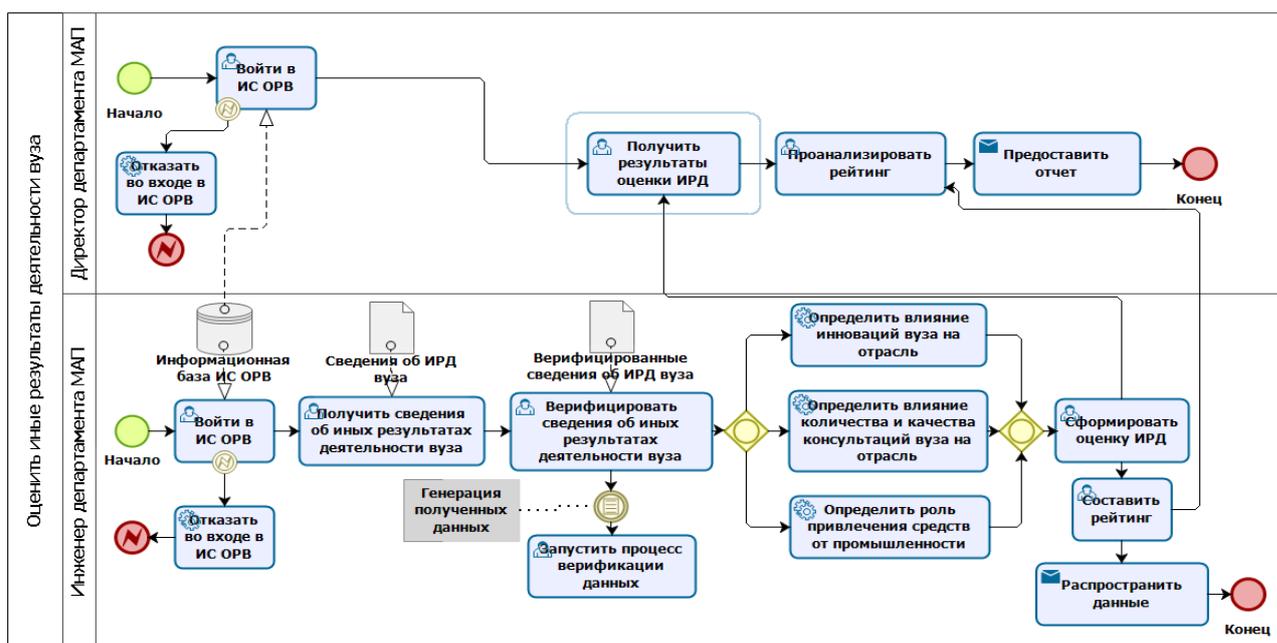


Рисунок 4.17 - Схема информационного процесса "Оценить иные результаты деятельности вуза"

За процесс "Оценить иные результаты деятельности вуза" отвечают два пула: «Инженер департамента МАП» и «Директор департамента МАП». В задачу первого входят такие процессы, как: «Определить влияние инноваций вуза на отрасль», «Определить влияние количества и качества консультаций вуза на отрасль», «Определить роль привлечения средств от промышленности» с последующим формированием оценки ИРД, составлением рейтинга и распространением данных.

В задачу второго входят такие компоненты, как: «Получить результаты оценки ИРД», «Проанализировать рейтинг», «Предоставить отчет».

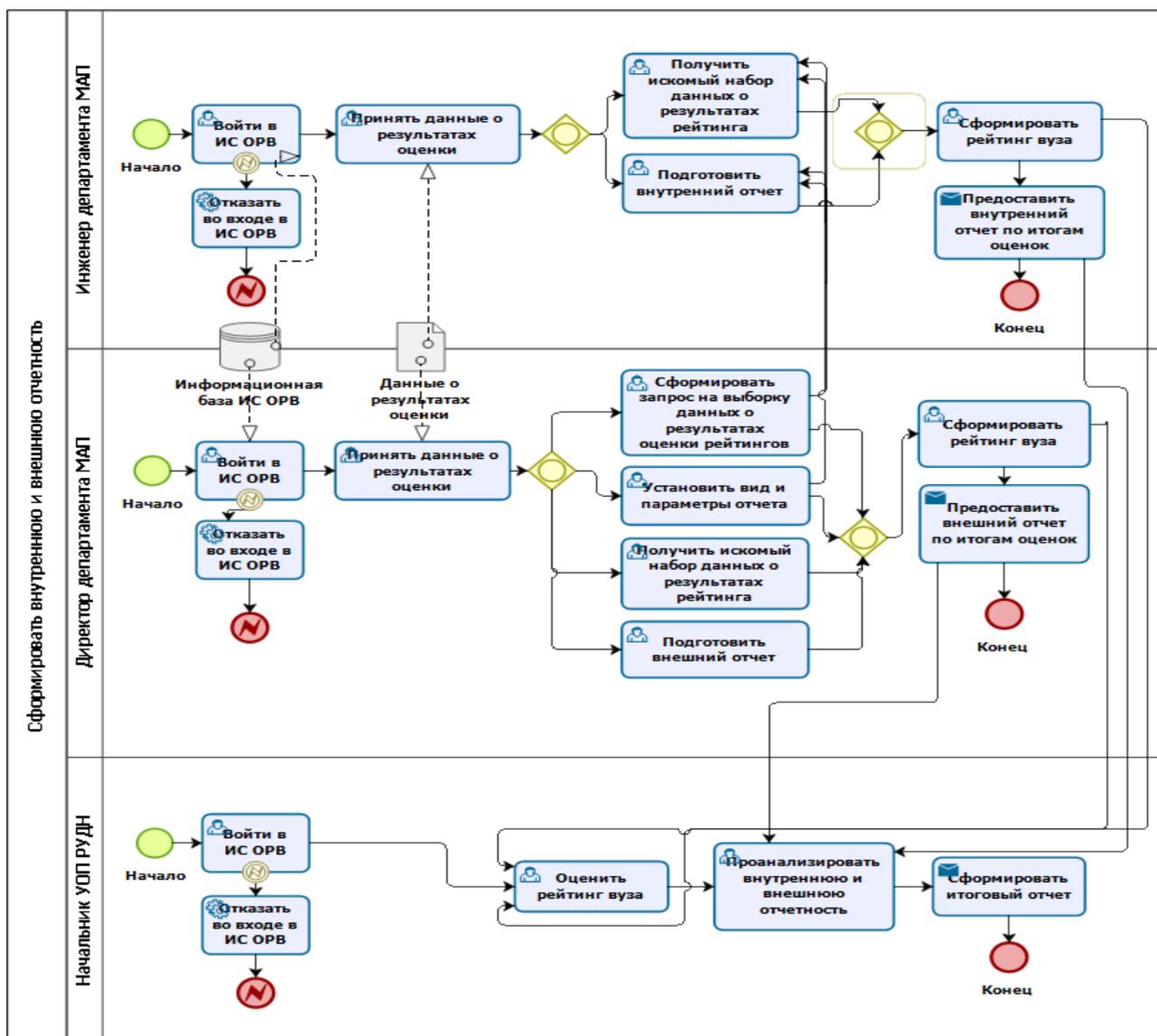


Рисунок 4.18 – Схема информационного процесса "Сформировать внутреннюю и внешнюю отчетность"

За финальный процесс "Сформировать внутреннюю и внешнюю отчетность" отвечают три пула: «Директор департамента МАП», «Инженер департамента МАП», «Начальник УОП РУДН». «Директор департамента МАП» отвечает за такие процессы, как: «Сформировать запрос на выборку данных о результатах оценки рейтингов», «Установить вид и параметры отчета»,

«Получить искомый набор данных о результатах рейтинга», «Подготовить внешний отчет» с последующим формированием рейтинга вуза и предоставлением внешнего отчета по итогам оценок.

В задачу «Инженера департамента МАП» входят такие процессы, как: «Получить искомый набор данных о результатах рейтинга» и «Подготовить внутренний отчет» с последующим формированием рейтинга вуза и предоставлением внутреннего отчета по итогам оценок.

«Начальник УОП РУДН» отвечает за такие процессы, как: «Оценить рейтинг вуза», «Проанализировать внутреннюю и внешнюю отчетность» и «Сформировать итоговый отчет».

Разработанные схемы составили модель функционирования информационной системы определения рейтинга вуза и создали основу для разработки логических и физических моделей базы данных для ИС ОРВ.

#### **4.3 Моделирование базы данных для информационной системы управления рейтинговыми показателями вуза на примере РУДН**

Для моделирования базы данных разрабатываемой информационной системы в диссертационной работе выбран метод сущность-связь нотации IDEF1X.

В качестве инструментального средства, реализующего метод семантического моделирования данных использовано CASE-средство CA ERwin Data Modeler.

Для моделирования потоков информации разрабатываемой информационной системы необходимо с помощью структурограмм описания данных декомпозировать потоки и накопители информации. На рисунке 4.19

показан вид структурограммы потока данных «Сведения об ИОР».

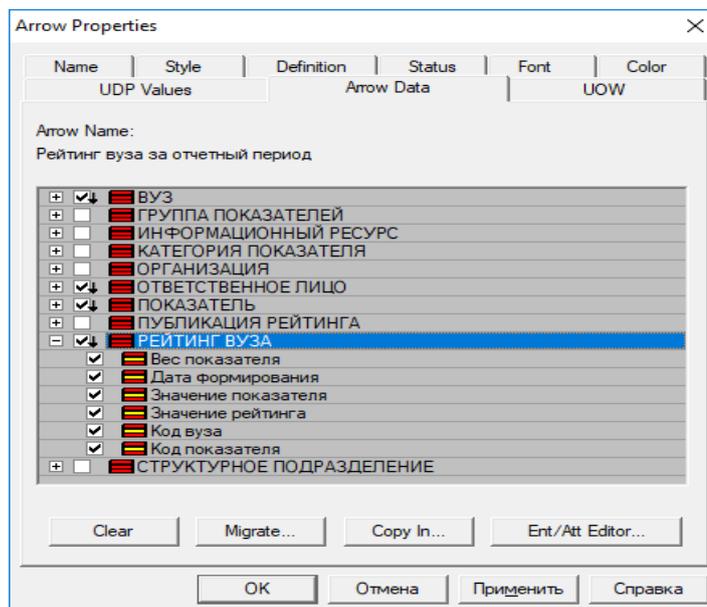


Рисунок 4.19 – Структурограмма потока данных «Сведения об ИОР»

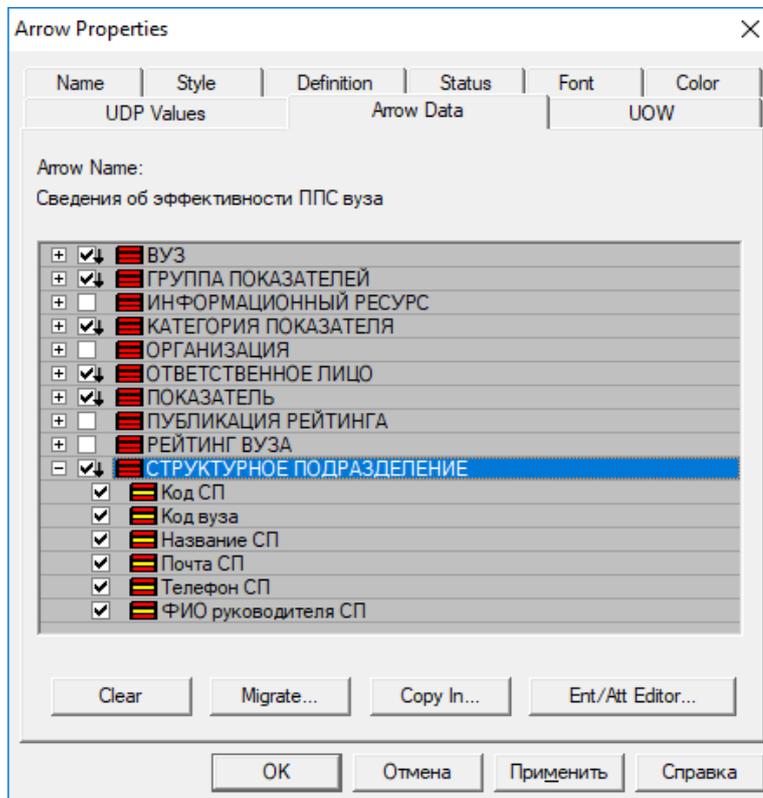


Рисунок 4.20 – Структурограмма потока данных «Сведения об ИОР»

Далее были произведены экспорт и импорт сформированных компонентов и элементов (рисунок 4.21).

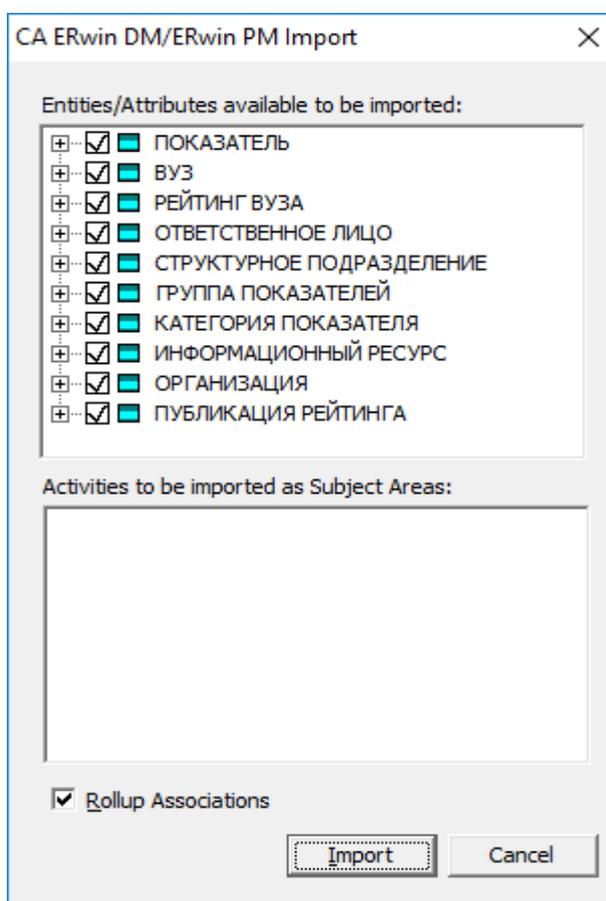


Рисунок 4.21– Выбор импортируемых сущностей и атрибутов

После импорта компонентов получилась модель данных, изображенная на рисунке 4.22.

Основными уровнями представления модели данных при помощи методологии IDEF1X являются логический и физический уровни.

Логический уровень – является абстрактным представлением данных, на котором они представляются так, как выглядят в реальном мире и могут называться так, как они называются в реальном мире.

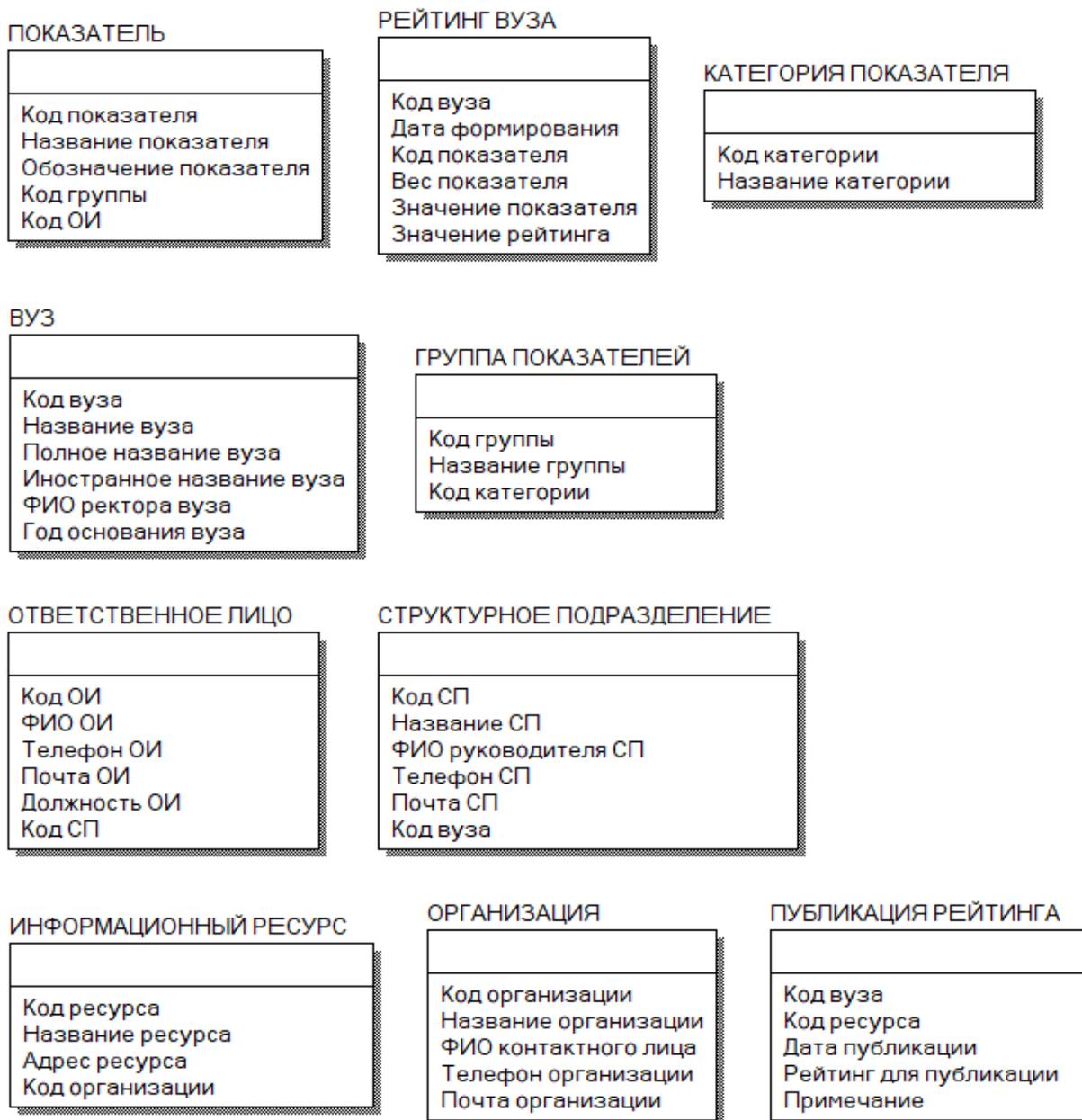


Рисунок 4.22 – Модель данных после импортирования сущностей и атрибутов

Объекты модели, представляемые на логическом уровне, называются сущностями и атрибутами.

Данные о полученных сущностях, а также об их определениях разработанной модели данных, показаны в таблице 4.1.

Т а б л и ц а 4.1 – Сущности и их определения

<b>Имя сущности</b>	<b>Определение</b>
Сведения об ИОР	Содержит данные об ИОР
Модули	Содержит данные об учебных модулях
Курсы	Содержит данные об учебных курсах
Студенты	Содержит данные о студентах
Оборудование	Содержит данные об оборудовании
Тесты	Содержит данные об учебных тестах
Преподаватели	Содержит данные о лекторах
Учебный план	Содержит данные об учебном плане
Звание	Содержит данные об ученых званиях лекторов
Степень	Содержит данные об ученой степени лекторов
Пользователи	Содержит данные о пользователях системы
Дисциплины	Содержит данные о дисциплинах
Результаты	Содержит данные о прохождении обучения
Занятия	Содержит данные о проводимых дисциплинах
Группы	Содержит данные о группах

Данные об отношениях между сущностями в таблице 4.2

Т а б л и ц а 4.2 – Список отношений базы данных

<b>Родительская сущность</b>	<b>Дочерняя сущность</b>	<b>Имя связи</b>	<b>Тип связи</b>	<b>Семантика связи от родительской сущности к дочерней</b>
Модули	Сведения об ИОР	Мод – Свед	НИД 1:М	содержат
Сведения об ИОР	Занятия	Свед – Зан	НИД 1:М	используются в
Оборудование	Сведения об ИОР	Об – Свед	НИД 1:М	содержит
Модули	Курсы	Мод-Кур	НИД 1:М	содержит
Пользователи	Студенты	Пол – Студ	НИД 1:М	являются
Пользователи	Результаты	Пол - Рез	НИД 1:М	имеют
Пользователи	Преподаватели	Пол – Преп	НИД 1:М	являются
Дисциплины	Занятия	Дис - Зан	НИД 1:М	реализуются в
Дисциплины	Учебный план	Дис - План	НИД 1:М	Входят в
Курсы	Учебный план	Кур - План	НИД 1:М	Входят в
Степень	Преподаватель	Степ – Преп	НИД 1:М	имеется у
Звание	Преподаватель	Зван – Преп	НИД 1:М	имеется у
Преподаватели	Учебный план	Преп-План	НИД 1:М	участвует в
Группы	Занятия	Груп-Зан	НИД 1:М	имеют
Группы	Студенты	Груп-Студ	НИД 1:М	состоят из
Курсы	Результаты	Кур - Рез	НИД 1:М	Имеют
Курсы	Тесты	Кур - Тест	НИД 1:М	содержат
Тесты	Результаты	Тест-Рез	НИД 1:М	имеют

В результате была сформирована ER-диаграмма, представленная на рисунке 4.23.

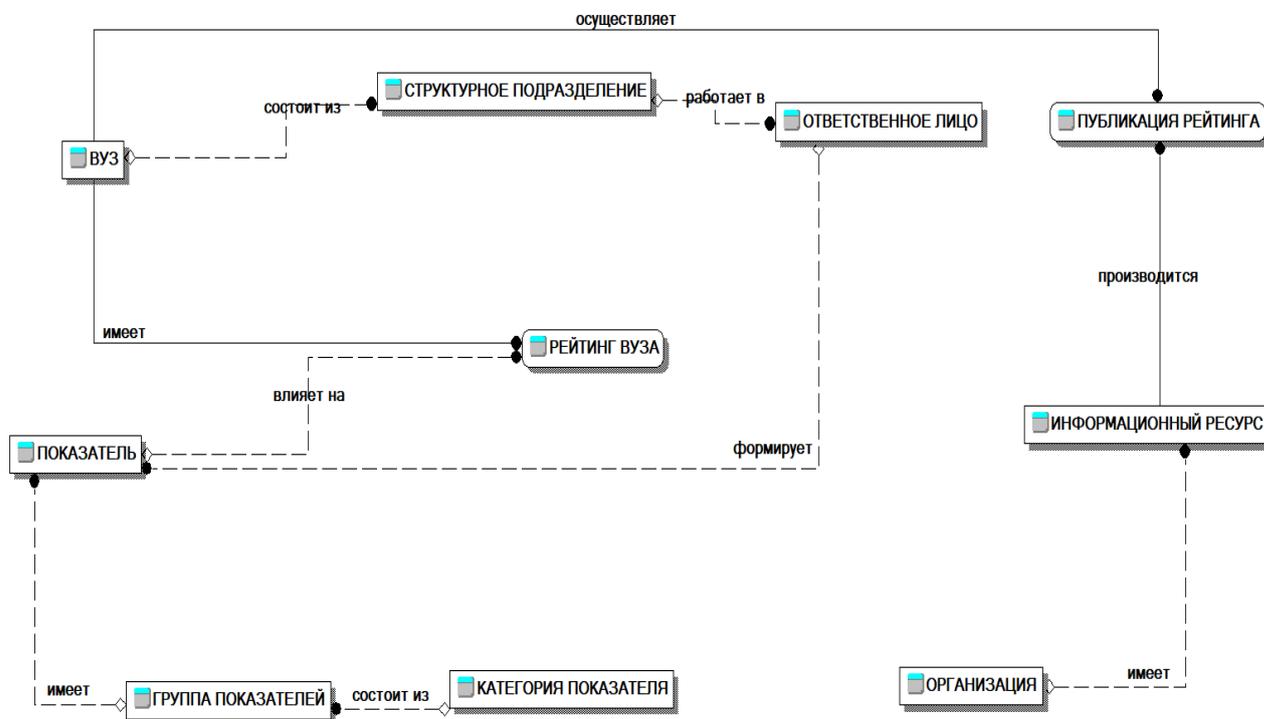


Рисунок 4.23 – ER-диаграмма модели базы данных ИС

Модель данных, основанная на ключах (КВ-модель), кроме сущностей и связей, включает в себя ключевые атрибуты сущностей: первичные (РК) и внешние (FK).

Для каждой сущности были определены первичные ключи, на основе следующих требований:

1. Количество атрибутов в РК должно быть минимально возможным; Атрибуты РК должны однозначно идентифицировать экземпляр сущности;

Атрибуты РК не могут принимать неопределенных значений.

Для того, чтобы выявить РК и FK атрибуты сущностей, необходимо выявить закономерности в работе системы:

1. Каждый системный модуль системы обладает уникальным идентификатором (далее УИ);
2. каждый информационный образовательный ресурс имеет уникальный идентификатор;
3. каждое оборудование имеет уникальный УИ;
4. каждый преподаватель имеет уникальный УИ;
5. каждая степень имеет уникальный УИ;
6. каждое звание имеет уникальный УИ;
7. каждая дисциплина имеет уникальный УИ;
8. каждый студент имеет уникальный УИ;
9. каждое занятие имеет уникальный УИ;
10. каждый курс имеет уникальный УИ;
11. каждый тест имеет уникальный УИ;
12. каждый пользователь имеет уникальный УИ;
13. каждая группа имеет уникальный УИ;
14. каждый учебный модуль может содержать несколько информационных образовательных ресурсов;
15. каждый преподаватель имеет звание и степень;
16. преподаватель может вести несколько дисциплин;
17. информационные образовательные ресурсы могут быть использованы в нескольких занятиях;
18. курс может содержать несколько тестов;
19. занятия назначаются для студентов, распределенных в группы;
20. пользователь может иметь разные права в системе.

Сформированная KB-модель представлена на рисунке 4.24.

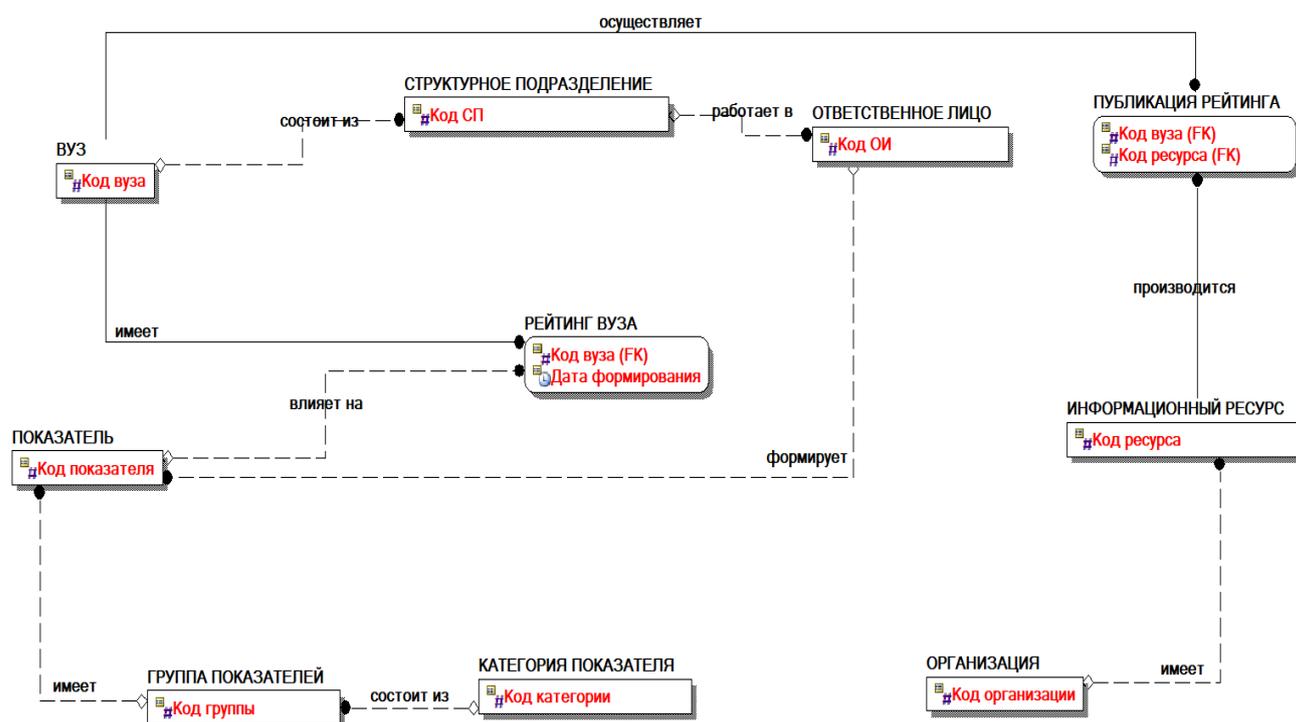


Рисунок 4.24 – КВ-модель базы данных ИС

Полная атрибутивная модель включает в себя данные в третьей нормальной форме, а также включает в себя все имеющиеся сущности, связи и атрибуты.

В таблице 4.3 отображены атрибуты созданных ранее сущностей и их описание.

Т а б л и ц а 4.3 – Атрибуты сущностей

Имя сущности	Описание атрибутов				
	Наименование атрибута	Желаемое сокращение атрибута	Ключи	Возможно ли неопределенное значение	Шифр домена
1	2	3	4	5	6
Модули	ID_модуля	ID_модуля	PK	Нет	D4
	Название модуля	Название модуля		Да	D2
Сведения об ИОР	ID_ИОР	ID_ИОР	PK	Нет	D4
	ID_оборудования	ID_оборудования	FK	Нет	D4

Продолжение Т а б л и ц ы 4.3

	Тип_ИОР	Тип_ИОР		Да	D2
	Наименование_ИОР	Наименование_ИОР		Да	D2
	Уровень_ИОР	Уровень_ИОР		Да	D2
	ID_модуля	ID_модуля	PK, FK	Нет	D3
Оборудование	ID_оборудования	ID_оборудования	PK	Нет	D4
	Наименование_оборудования	Наименование_оборудования		Да	D2
	Количество_оборудования	Количество_оборудования		Да	D4
Занятия	ID_занятия	ID_занятия	PK	Нет	D4
	ID_дисциплины	ID_дисциплины	FK	Нет	D4
	ID_ИОР	ID_ИОР	FK	Нет	D4
	ID_группы	ID_группы	FK	Нет	D4
	Дата_проведения	Дата_проведения		Да	D5
Преподаватели	ID_преподавателя	ID_преподавателя	PK	Нет	D4
	ID_звания	ID_звания	FK	Да	D4
	ID_степени	ID_степени	FK	Да	D4
	Квалификация	Квалификация		Да	D6
	Стаж	Стаж		Да	D2
	ID_пользователя	ID_пользователя	FK	Да	D4
Учебный план	ID_плана	ID_плана	PK	Нет	D4
	ID_дисциплины	ID_дисциплины	FK	Нет	D4
	ID_преподавателя	ID_преподавателя	FK	Нет	D4
	Количество_часов	Количество_часов		Да	D4
	Семестр	Семестр		Да	D2
	ID_курса	ID_курса	FK	Нет	D4
Звания	ID_звания	ID_звания	PK	Нет	D4
	Название_звания	Название_звания		Да	D3
Степень	ID_степени	ID_степени	PK	Нет	D4
	Название_степени	Название_степени		Да	D1
Дисциплины	ID_дисциплины	ID_дисциплины	PK	Нет	D4
	Наименование_дисциплины	Наименование_дисциплины		Да	D3
Студенты	ID_студента	ID_студента	PK	Нет	D4
	ID_группы	ID_группы	FK	Да	D4
	ФИО_студента	ФИО_студента		Нет	D4
	Год_рождения_студента	Год_рождения_студента		Да	D4
	Номер_зачетки_студента	Номер_зачетки_студента		Да	D4
	Год_поступления	Год_поступления		Да	D4

Продолжение Т а б л и ц ы 4.3

	ID_пользователя	ID_пользователя	FK	Нет	D4
Группы	ID_группы	ID_группы	PK	Нет	D4
	Код_группы	Код_группы		Да	D2
	Год_поступления_группы	Год_поступления_группы		Да	D4
	Куратор_группы	Куратор_группы		Да	D4
	Количество_студентов	Количество_студентов		Да	D4
	Результаты	ID_пользователя	ID_пользователя	PK	Нет
ID_курса		ID_курса	FK	Нет	D4
Процент_прохождения_курса		Процент_прохождения_курса		Да	D4
ID_теста		ID_теста	FK	Нет	D4
Оценка_за_тест		Оценка_за_тест		Да	D4
Тесты	ID_теста	ID_теста	PK	Нет	D4
	Название_теста	Название_теста		Да	D6
	Уровень_теста	Уровень_теста		Да	D4
	ID_курса	ID_курса	PK	Нет	D4
Курсы	ID_курса	ID_курса	PK	Нет	D4
	Название_курса	Название_курса		Да	D6
	ID_модуля	ID_модуля	FK	Нет	D4
	Количество_лекций	Количество_лекций		Да	D4
	Количество_тестов	Количество_тестов		Да	D4
Пользователи	ID_пользователя	ID_пользователя	PK	Нет	D4
	Логин_пользователя	Логин_пользователя		Да	D6
	Пароль_пользователя	Пароль_пользователя		Да	D6

Таким образом, была создана FA-модель предметной области. Она показана на рисунке 4.25 на логическом уровне представления данных.

Физическая модель данных зависит от конкретной СУБД и содержит информацию обо всех объектах БД. Одной логической модели могут соответствовать несколько разных FA-моделей.

Для построения трансформационной модели необходимо определить домены атрибутов сущностей, области их допустимых значений, а также типы

данных. В таблице 4.4 отображены примененные типы данных и возможные примеры значений, используемых в базе данных.

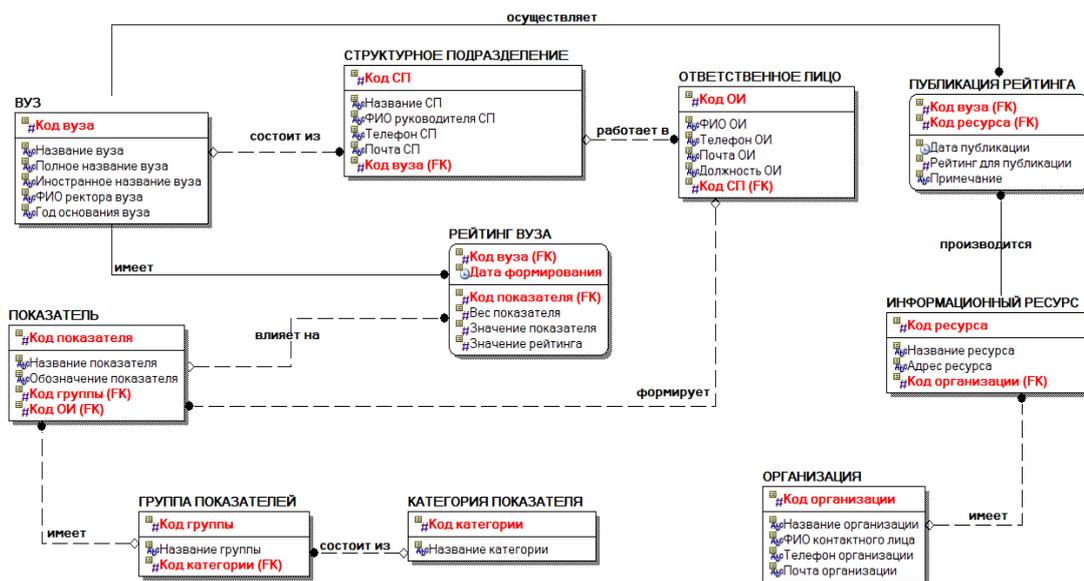


Рисунок 4.25 – FA-модель базы данных ИС

Т а б л и ц а 4.4 – Типы данных

Шифр домена	Тип	Название	Определение	Пример
D1	VARCHAR(20)	Строка длиной до 20 символов	Набор символов, количество которых не превышает 20	Аспирант
D2	CHAR(18)	Строки длиной до 18 символов	Набор символов, количество которых не превышает 18	ПИМ-72
D3	VARCHAR(100)	Строки длиной до 100 символов	Набор символов, количество которых не превышает 100	Кандидат геологических наук
D4	Integer	Число	Целое числовое значение	540140274
D5	Date	Дата	Дата в формате ДД.ММ.ГГГГ, где ДД – день (от 1 до 31) ММ – месяц (от 1 до 12) ГГГГ - Год	27.03.2019
D6	CHAR(250)	Строка длиной до 250 символов	Набор символов, количество которых не превышает 250	Smirnov_Azar

Разработанная трансформационная модель базы данных содержит сущности, их атрибуты и типы данных, а также ограничения контроля целостности и согласованности (рисунок 4.26).

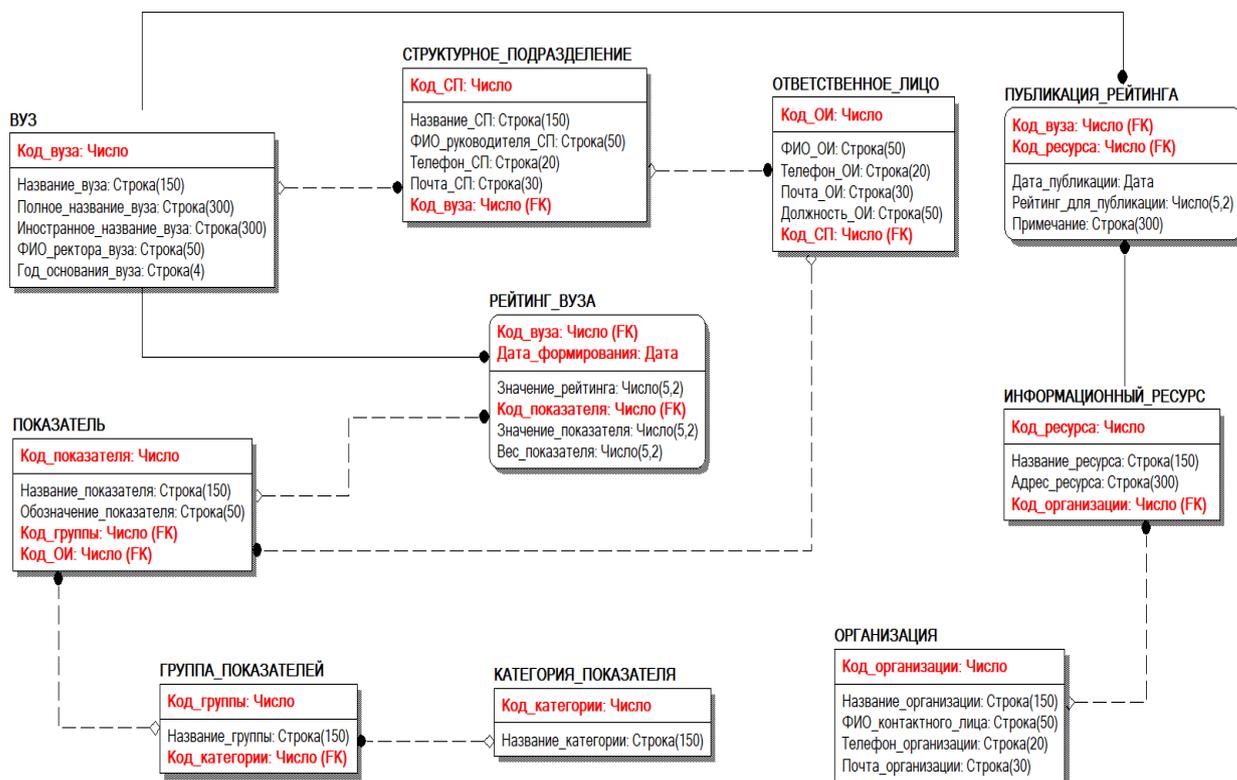


Рисунок 4.26 – Т-модель базы данных ИС

Далее была выполнена разработка DBMS-модели в формате SQL-кода СУБД MySQL, в результате чего была создана новая база данных, диаграмма которой представлена на рисунке 4.27.

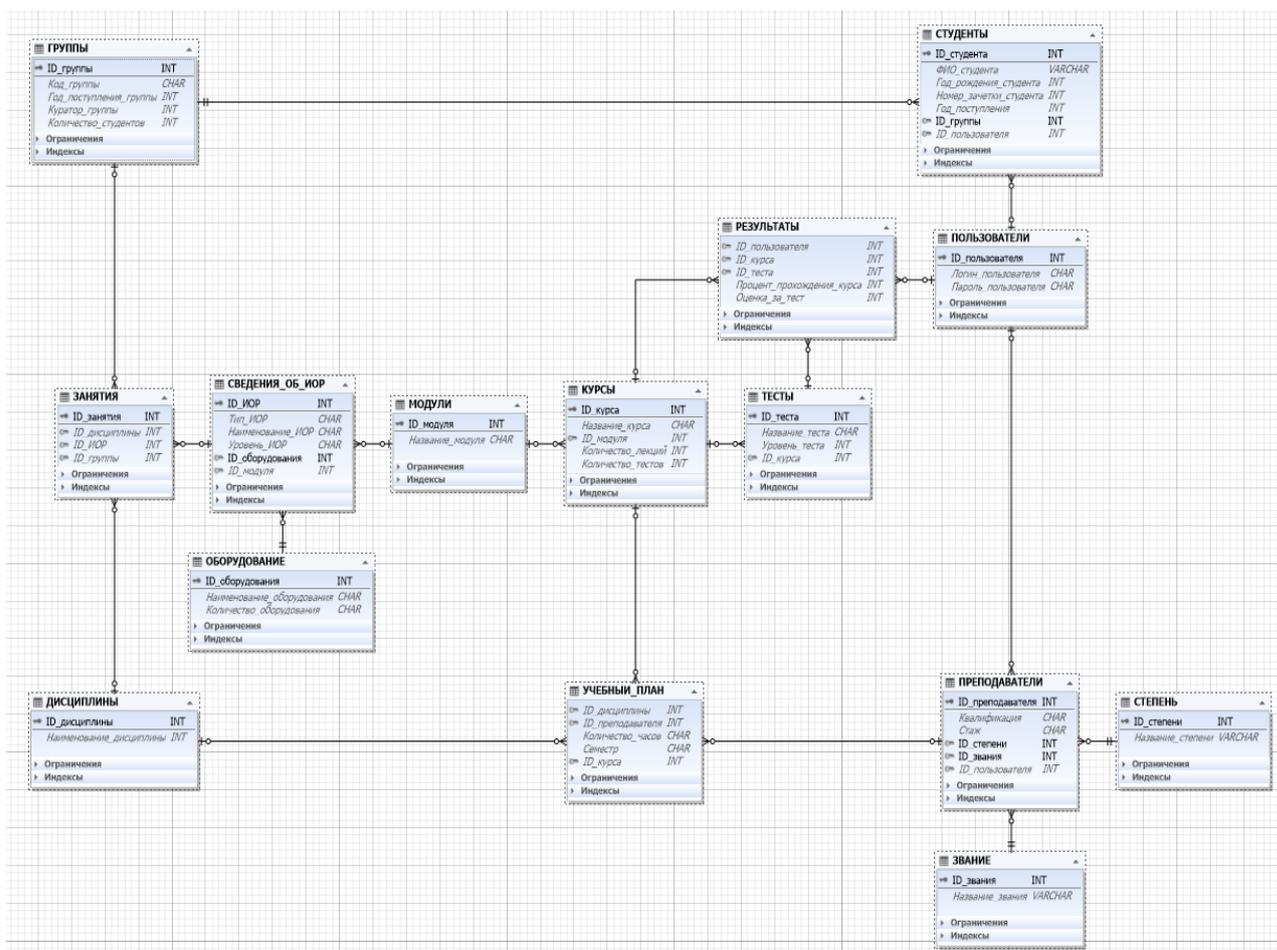


Рисунок 4.27 – Модель БД ИС, выполняющаяся в СУБД MySQL

#### 4.4 Реализация информационной системы управления рейтинговыми показателями вуза на примере РУДН

Для реализации информационной системы управления рейтинговыми показателями вуза в среде «1С: Предприятие» в качестве основного инструмента было использовано дерево конфигурации.

Для выполнения необходимых настроек системы «1С: Предприятие» на заданные прикладные задачи, все описания, которые содержит конфигурация,

разделяются на нескольких единиц, называемых объектами конфигурации.

Для разработки модуля оценки рейтинга вуза были разработаны следующие объекты конфигурации: подсистемы, перечисления, справочники, документы, регистры сведений, макеты, отчеты, роли.

После запуска системы в режиме «1С: Предприятие» можно видеть различные подсистемы на панели разделов главного окна приложения (рисунок 4.28).

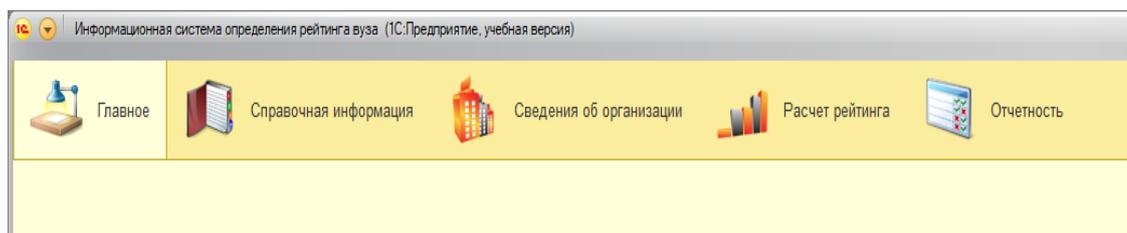


Рисунок 4.28 – Панель разделов главного окна приложения

В разделе «Справочная информация» подраздела «Периоды» находятся все временные интервалы, по которым были рассчитаны рейтинги образовательной организации за определенное время. Каждому интервалу присвоен код, расположенный в соседнем столбце списка (рисунок 4.29).

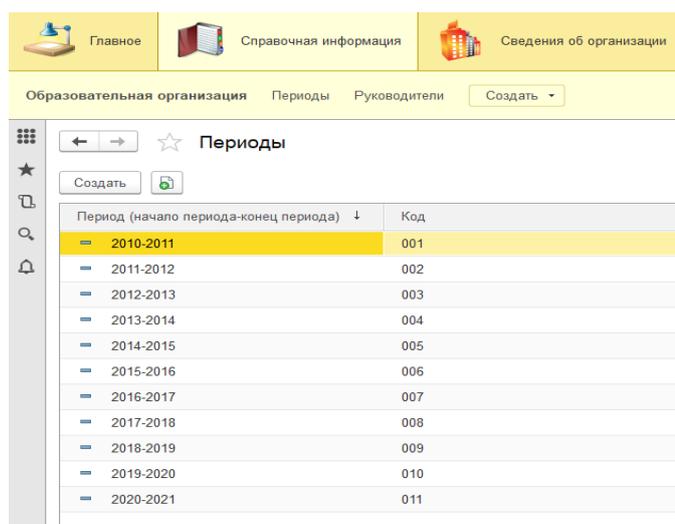


Рисунок 4.29 – Подраздел "Период"

Также есть возможность создать новый период путем нажатия на кнопку «Создать», либо отредактировать уже имеющийся путем двойного нажатия на него левой кнопкой мыши (далее – ЛКП), или клавишей «Enter» на клавиатуре (рисунок 4.30).

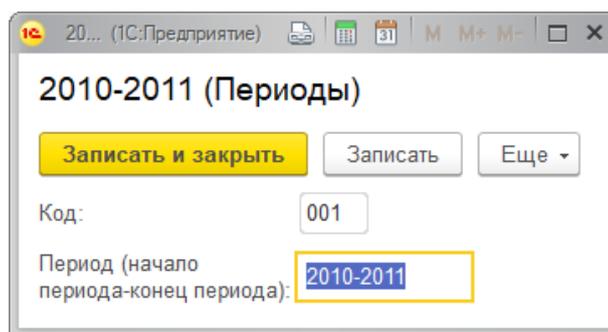


Рисунок 4.30 – Создание и редактирование периода

Далее в разделе «Справочная информация» находится подраздел «Руководители». В нем указываются все руководители образовательного учреждения, соответственно. В данном случае указан только один руководитель (рисунок 4.31).

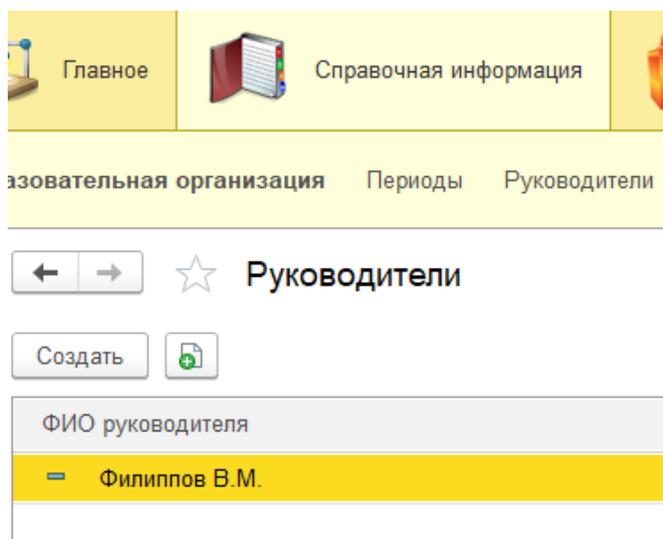


Рисунок 4.31 – Подраздел "Руководители"

Как видно на рисунке 4.31, в данном подразделе также есть возможность

создавать новые пункты, и редактировать уже имеющиеся (рисунок 4.32).

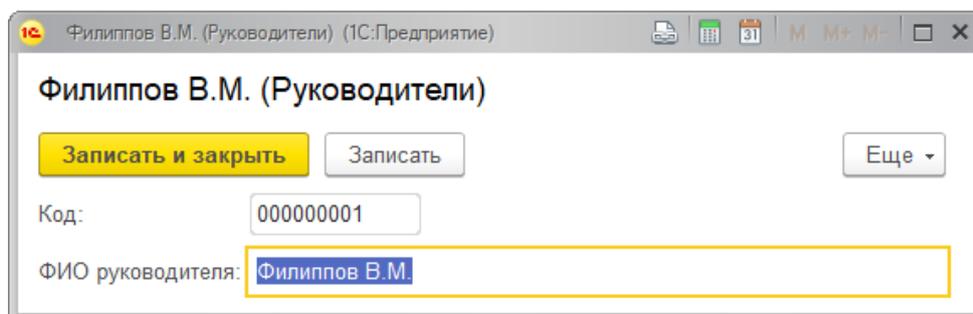


Рисунок 4.32 – Создание и редактирование подраздела "Руководители"

Далее рассмотрим показатель «Расчет рейтинга» (рисунок 4.33).



Рисунок 4.33 – Раздел "Расчет рейтинга" и его содержание

Раздел «Расчет рейтинга» включает в себя такие подразделы, как:

- Расчет рейтинга образовательной организации;
- Показатель;
- Категория показателя;
- Группа показателей;
- Содержание показателя;
- Виды показателей;
- Учет результатов деятельности вуза.

В подразделах «Расчет рейтинга образовательной организации» и «Учет результатов деятельности вуза» зафиксированы все периоды, по которым был рассчитан рейтинг, а также результаты каждого показателя, из которых, в итоге, сформировано общее значение рейтинга вуза за определенный период (рисунки 4.34, 4.35).

Расчет рейтинга образовательной организации Показатель Категория показателя Группа показателей Содержание показателя Виды показателей Учет результатов деятельности вуза Создать

← → ☆ Расчет рейтинга образовательной организации

Создать Поиск (Ctrl+F) Q - Еще -

Дата	Номер	Образовательная организация	Отчетный период	↓	Академическая деят...	НИД	Эффективно...	Международная деят...	Иная деят...	Рейтинг
01.09.2011 19:55:59	000000001	РУДН	2010-2011		6,75	7,75	7,75	7,75	7,00	7,40
04.10.2018 18:44:32	000000002	РУДН	2011-2012		15,00	19,50	15,75	17,50	15,75	16,70
04.10.2018 18:45:05	000000003	РУДН	2012-2013		18,00	21,00	17,50	17,75	17,75	18,40
09.11.2018 20:16:55	000000005	РУДН	2013-2014		15,50	16,75	15,75	17,00	10,50	15,10
09.11.2018 20:30:51	000000006	РУДН	2014-2015		18,00	21,00	18,50	14,00	11,00	16,50
09.11.2018 20:29:48	000000007	РУДН	2015-2016		18,00	21,00	19,50	17,50	12,25	17,65
04.10.2018 20:30:58	000000004	РУДН	2017-2018		88,75	105,00	63,75	78,75	67,50	82,75

Рисунок 4.34 – Подраздел "Расчет рейтинга образовательной организации"

← → ☆ Учет результатов деятельности вуза

Поиск (Ctrl+F) Q - Еще -

Период	Регистратор	Номер...	Обра...	Отчеты...	↓	Академическая деят...	НИД	Эффективно...	Международная деят...	Иная деят...	Рейтинг
01.09.2011 19:55:59	Расчет рейтинга образовательной организации 000000001 от 01.09.2011 19:55:59	1	РУДН	2010-2011		6,75	7,75	7,75	7,75	7,00	7,40
04.10.2018 18:44:32	Расчет рейтинга образовательной организации 000000002 от 04.10.2018 18:44:32	1	РУДН	2011-2012		15,00	19,50	15,75	17,50	15,75	16,70
04.10.2018 18:45:05	Расчет рейтинга образовательной организации 000000003 от 04.10.2018 18:45:05	1	РУДН	2012-2013		18,00	21,00	17,50	17,75	17,75	18,40
09.11.2018 20:16:55	Расчет рейтинга образовательной организации 000000005 от 09.11.2018 20:16:55	1	РУДН	2013-2014		15,50	16,75	15,75	17,00	10,50	15,10
09.11.2018 20:30:51	Расчет рейтинга образовательной организации 000000006 от 09.11.2018 20:30:51	1	РУДН	2014-2015		18,00	21,00	18,50	14,00	11,00	16,50
09.11.2018 20:29:48	Расчет рейтинга образовательной организации 000000007 от 09.11.2018 20:29:48	1	РУДН	2015-2016		18,00	21,00	19,50	17,50	12,25	17,65

Рисунок 4.35 – Подраздел "Учет результатов деятельности вуза"

Если выбрать определенный период, и войти в него – откроется одноименное окно, где поэтапно рассчитывается рейтинг вуза за определенный период, основываясь на показателях для его расчета (рисунок 4.36).

← → ☆ Расчет рейтинга образовательной организации 000000007 от 09.11.2018 20:29:48

Основное Учет результатов деятельности вуза

Провести и закрыть Записать Провести Еще -

Номер: 000000007 Дата: 09.11.2018 20:29:48 Отчетный период: 2015-2016

Образовательная организация: РУДН Рейтинг: 17,65

Результаты расчетов:

Академическая деятельность: 18,00 НИД: 21,00 Эффективность ППС: 19,50

Международная деятельность: 17,50 Иная деятельность: 12,25 Рассчитать

Академическая деятельность Научно-исследовательская деятельность Эффективность ППС Международная деятельность Иная деятельность

Добавить

N	Показатель	Вес показателя	Содержание показателя	Значение пока...
1	Академическая репутация	0,05	Соответствует	100
2	Академическая среда	0,03	Частично соответствует	50
3	Индекс наград выпускников	0,05	Соответствует	100
4	Репутация выпускников среди работодателей	0,04	В основном соответствует	75
5	Соотношение числа ППС и обучающихся в вузе	0,02	Скорее не соответствует	25
6	Уровень трудоустройства	0,04	В основном соответствует	75

Рисунок 4.36 – Расчет рейтинга образовательной организации

Для расчета рейтинга вуза необходимы его показатели, а также составляющие этих показателей. В данном случае имеются 5 показателей с

различным количеством составляющих:

- Академическая деятельность;
- Научно-исследовательская деятельность;
- Эффективность ППС;
- Международная деятельность;
- Иная деятельность.

У каждой составляющей показателей имеются определенные критерии оценки:

- Вес показателя;
- Содержание показателя;
- Значение показателя.

Вес показателя означает важность данного показателя.

Содержание показателя демонстрирует соответствие данного показателя необходимой норме. Содержание может соответствовать, частично соответствовать, в основном соответствовать, скорее не соответствовать, или не соответствовать вообще. Значение показателя отражает его соответствие в числовом эквиваленте, например – Соответствует 100, Не соответствует 0, и т.д. Числовые значения выставляются автоматически с выбором того или иного значения показателя, поскольку устанавливаются при их создании.

Далее, в подразделе «Показатель», отображены все имеющиеся показатели в виде «папок» (рисунок 4.37).

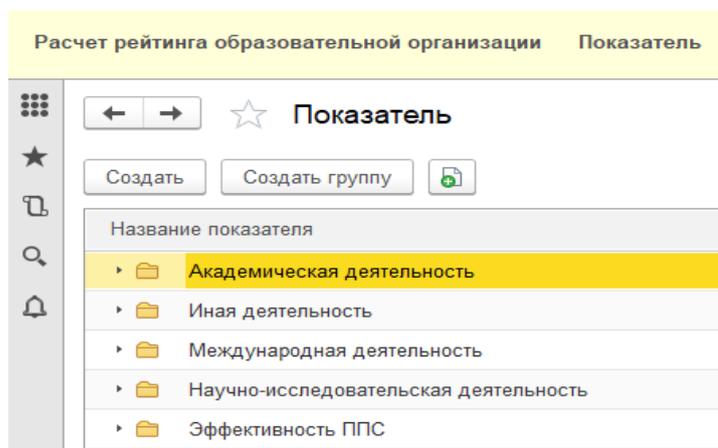


Рисунок 4.37 – Подраздел "Показатель"

При разворачивании этих «папок» откроется «дерево» каждой из папок, иными словами, их составляющие, а именно – составляющие показателей (рисунок 4.38).

Название показателя	Код	Вид показателя	Вес пока...
Академическая деятельность	00000001		
Академическая репутация	00000019	Академическая репутация	0,25
Академическая среда	00000020	Академическая репутация	0,20
Индекс наград выпускников	00000021	Индекс наград выпускников	0,15
Репутация выпускников среди работодателей	00000023	Репутация выпускников среди работодателей	0,25
Соотношение числа ППС и обучающихся в вузе	00000024	Соотношение числа ППС и обучающихся в вузе	0,15
Уровень трудоустройства	00000025	Уровень трудоустройства	0,25

Рисунок 4.38 – Дерево папки показателя «Академическая деятельность»

Кроме самих составляющих показателя здесь также можно увидеть, что каждому из них присвоен код, вид и вес, значения которых описаны выше.

Также здесь возможно создать новый показатель, или группу показателей путем нажатия на соответствующие кнопки.

Далее идет подраздел «Содержание показателя». Он состоит из наименований показателей (Соответствует/Не соответствует, и др.), кодов этих наименований, а также их значений (100, 0, и др.), что подробно было разобрано

ранее. Здесь также можно создать новое наименование показателя, присвоить ему код и значение (рис 4.39).

Наименование	Код	Значение показателя
В основном соответствует	00000002	75
Не соответствует	00000005	
Скорее не соответствует	00000004	25
Соответствует	00000001	100
Частично соответствует	00000003	50

Рисунок 4.39 – Подраздел "Содержание показателя"

Далее следует подраздел «Виды показателей», в котором представлены все имеющиеся группы показателей, и в котором также есть возможность создавать новые показатели (рисунок 4.40).

Название вида показателя
Академическая репутация
Влияние количества и качества консультаций вуза на отрасль
Влияние уровня инноваций вуза на отрасль
Доля иностранных преподавателей в общем числе ППС
Доля иностранных студентов в общем числе студентов
Доля сотрудников, имеющих ученую степень
Индекс наград выпускников
Индекс наград выпускников
Индекс наград ППС
Индекс цитирования
Исследовательская репутация
Исследовательская репутация в регионе и мире
Качество преподавания
Количество опубликованных статей на одного сотрудника
Публикации в журналах, книгах
Репутация выпускников среди работодателей
Роль международного сотрудничества
Роль привлечения средств от промышленности
Соотношение числа ППС и обучающихся в вузе
Уровень трудоустройства
Участие в конференциях

Рисунок 4.40 – Подраздел "Виды показателей"

После всех проделанных операций по созданию разделов, подразделов, групп показателей, присвоения им наименований, веса и значений, и произведения расчетов рейтинга на их основе, необходимо сформировать отчет. Отчет формируется в разделе «Отчеты», в подразделе «Аналитический отчет о результатах деятельности ВУЗа». В подразделе необходимо нажать на кнопку «Сформировать» (рисунок 4.41).



Рисунок 4.41 – Формирование отчета

Существует два вида отчетов – «Диаграмма» и «Основной». Для того, чтобы выбрать необходимый вариант, нужно нажать на кнопку «Выбрать вариант», после чего нажать на кнопку «Сформировать» (рисунок 4.42).

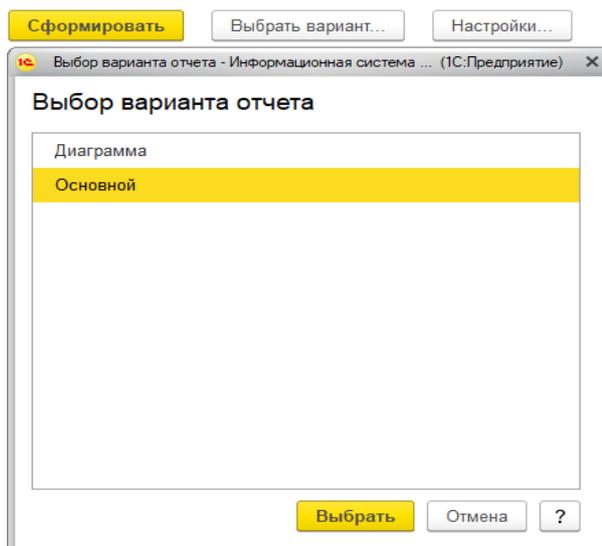


Рисунок 4.42 – Выбор варианта отчета

Отчет «Диagramма» представлен на рисунке 4.43.

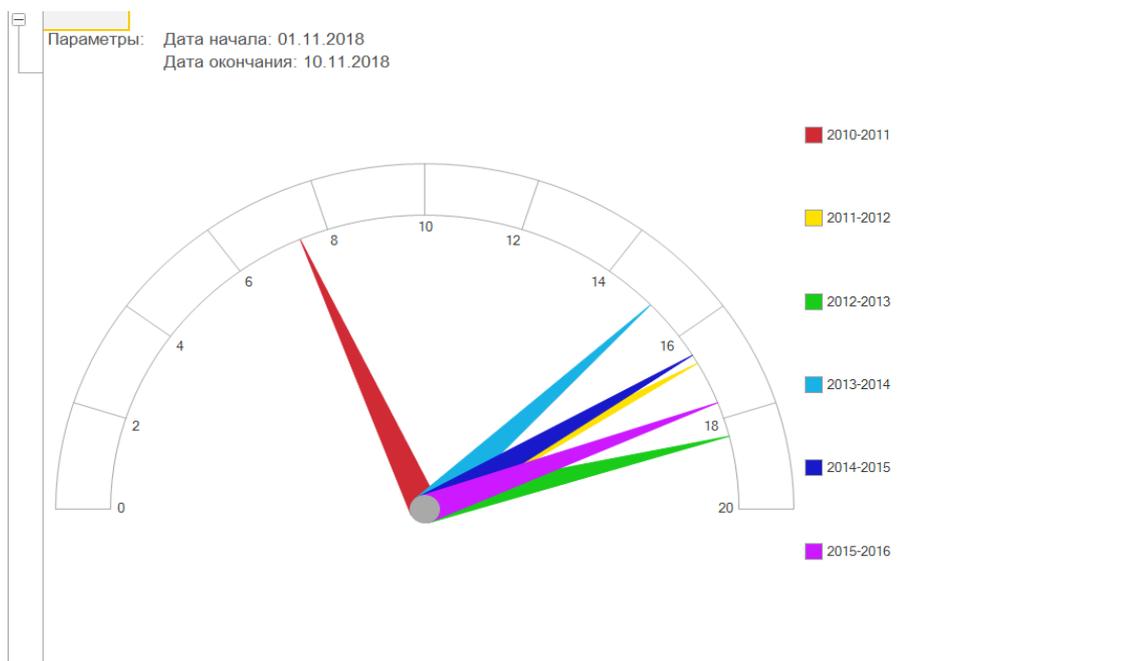


Рисунок 4.43 – Отчет "Диagramма"

Отчет «Основной» представлен на рисунке 4.44.

Параметры: Дата начала: 01.11.2018 Дата окончания: 10.11.2018							
Образовательная организация	Итого						
Отчетный период	Академическая деятельность	НИД	Международная деятельность	Эффективность ППС	Иная деятельность	Рейтинг	
РудН	15,21	17,83	15,25	15,79	12,38	15,29	
2010-2011	6,75	7,75	7,75	7,75	7,00	7,40	
2011-2012	15,00	19,50	17,50	15,75	15,75	16,70	
2012-2013	18,00	21,00	17,75	17,50	17,75	18,40	
2013-2014	15,50	16,75	17,00	15,75	10,50	15,10	
2014-2015	18,00	21,00	14,00	18,50	11,00	16,50	
2015-2016	18,00	21,00	17,50	19,50	12,25	17,65	
Итого	15,21	17,83	15,25	15,79	12,38	15,29	

Рисунок 4.44 – Отчет "Основной"

#### **4.5 Методика использования информационной системы управления рейтинговыми показателями вуза**

Для организации эффективной работы сотрудников РУДН и участников мероприятий с модулем ОРВ используется методика применения разработанного модуля пользователями, включающая в себя следующие этапы:

1. Вход в модуль ИС ОРВ с правами администратора:
  - 1.1. Запуск платформы «1С: Предприятие 8.3»;
  - 1.2. Выбор информационной базы;
  - 1.3. Выбор пользователя с правами администратора.
2. Добавление сотрудников РУДН и участников мероприятий для работы с ресурсами модуля.
  - 2.1. Добавление пользователей с ролью специалист РУДН;
  - 2.2. Добавление пользователей с ролью инженер департамента МАП;
  - 2.3. Добавление пользователей с ролью директор департамента МАП;
  - 2.4. Добавление пользователей с ролью начальник УОП РУДН;
  - 2.5. Проверка работоспособности новых учетных записей.
3. Выход из модуля ИС ОРВ.
4. Вход в модуль ИС ОРВ с правами специалиста РУДН:
  - 4.1. Запуск платформы «1С: Предприятие 8.3»;
  - 4.2. Выбор информационной базы;
  - 4.3. Выбор пользователя с правами специалиста.
5. Ввод справочной информации для ИС ОРВ:
  - 5.1 Заполнение справочника «Образовательная организация»;
  - 5.2 Заполнение справочника «Периоды»;
  - 5.3 Заполнение справочника «Руководители»;
  - 5.4 Заполнение справочника «Организация»;

- 5.5 Заполнение справочника «Структурное подразделение»;
  - 5.6 Заполнение справочника «Ответственное лицо»;
  - 5.7 Заполнение справочника «Информационный ресурс».
6. Выход из модуля ИС ОРВ.
7. Вход в модуль ИС ОРВ с правами инженера департамента МАП:
- 7.1. Запуск платформы «1С: Предприятие 8.3»;
  - 7.2. Выбор информационной базы;
  - 7.3. Выбор пользователя с правами инженера департамента МАП.
8. Расчет рейтинга образовательной организации:
- 8.1 Формирование рейтинга вуза по показателям;
  - 8.2 Заполнение справочника «Показатель»;
  - 8.3 Заполнение справочника «Содержание показателя»;
  - 8.4 Создание категорий показателей;
  - 8.5 Формирование групп показателей;
  - 8.6 Создание видов показателей;
  - 8.7 Учет результатов деятельности вуза;
  - 8.8 Формирование внутренней и внешней отчетности.
9. Выход из модуля ИС ОРВ.
10. Вход в модуль ИС ОРВ с правами директора департамента МАП:
- 10.1. Запуск платформы «1С: Предприятие 8.3»;
  - 10.2. Выбор информационной базы;
  - 10.3. Выбор пользователя с правами директора департамента МАП.
11. Расчет рейтинга образовательной организации:
- 11.1. Создание категорий показателей;
  - 11.2. Формирование групп показателей;
  - 11.3. Создание видов показателей;
  - 11.4. Учет результатов деятельности вуза;

- 11.5. Формирование внутренней и внешней отчетности.
- 12. Выход из модуля ИС ОРВ.
- 13. Вход в модуль ИС ОРВ с правами начальника УОП РУДН:
  - 13.1. Запуск платформы «1С: Предприятие 8.3»;
  - 13.2. Выбор информационной базы;
  - 13.3. Выбор пользователя с правами начальника УОП РУДН.
- 14. Формирование внутренней и внешней отчетности:
  - 14.1 Сформировать основной аналитический отчет о результатах деятельности вуза;
  - 14.2 Сформировать аналитический отчет о результатах деятельности вуза в виде диаграммы.
- 15. Выход из модуля ИС ОРВ.

#### **4.6 Выводы по главе 4**

1. Созданы модели информационных и управленческих процессов для вуза на примере РУДН, позволяющие систематизировать сведения о деятельности университета и сформировать функциональные требования, необходимые для разработки информационной системы управления рейтинговыми показателями вуза;
2. Разработаны алгоритмы, необходимые для формирования моделей базы данных информационной системы управления рейтинговыми показателями – эффективного инструмента поддержки принятия управленческих решений для повышения конкурентоспособности вуза;
3. Разработана и реализована информационная система управления рейтинговыми показателями вуза, рекомендованная, после определенной адаптации, к применению для формирования базы рейтинговых показателей подразделений вуза, ведения базы результатов определения комплексных

рейтинговых показателей за определенный период, реестра характеристик рейтинговых показателей, реестра сотрудников университета, руководителей структурных подразделений вуза.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В диссертационной работе проведены теоретические и практические исследования, на основании которых получены следующие основные выводы и результаты:

1. На основании выполненного анализа существующих методов, средств и проблем оценки деятельности университетов в отечественных и зарубежных рейтинговых системах выявлены наиболее эффективные методы, модели и средства по критерию их влияния на повышение конкурентоспособности вуза;

2. Проанализированы и развиты методы и модели для кластеризации, ранжирования и прогнозирования рейтингового положения вуза, разработаны новые математические модели ранжирования основных показателей деятельности университета. На примере РУДН, проиллюстрирован подход к оценке эффективности деятельности кафедр университета, а также разработана модель прогнозирования такой эффективности;

3. По результатам выполненного анализа разработаны модели и показатели для системы управления рейтинговыми показателями комплексной безопасности вуза – одними из существенных показателей, влияющих на положение университета в рейтинговых системах;

4. Разработана информационная модель системы управления рейтинговыми показателями вуза на примере РУДН и построены алгоритмы взаимодействия информационных управленческих потоков, послужившие основой для последующей разработки системы управления рейтинговыми показателями вуза;

5. Разработаны функциональные требования и модели базы данных для дальнейшей реализации и апробации системы управления рейтинговыми показателями вуза – эффективного инструмента поддержки принятия

управленческих решений для повышения конкурентоспособности вуза в отечественных и зарубежных рейтинговых системах, на примере РУДН.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Vasilyuk, I. Development of Speech Packet Flow Model in IEEE 802.11 Standard Radio Channel / V. Samoylov, I. Vasilyuk // 2018 International Russian Automation Conference (RusAutoCon) 9-16 Sept. 2018 Sochi, Russia.
2. Vasilyuk, I.P. Application of information technology for the analysis of the rating of university / Romashkova, O.N., Gaidamaka, Y.V., Ponomareva, L.A., Vasilyuk, I.P. // В сборнике: CEUR Workshop Proceedings 8. Сер. "ИТТММ 2018 - Proceedings of the Selected Papers of the 8th International Conference "Information and Telecommunication Technologies and Mathematical Modeling of High-Tech Systems". –2018. – С. 46-53.
3. Василюк, И.П. Модель рейтингового оценивания управления крупной образовательной системой / Ромашкова, О.Н., Василюк, И.П., Пономарева, Л.А., Коданев, В.Л. // Научные технологии. – 2018. – № 9. – С.70-76
4. Василюк, И.П. Автоматизация процесса управления рейтингом российских университетов / Ромашкова, О.Н., Пономарева, Л.А., Василюк, И.П. // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и технические науки. – 2018. – № 6. – С. 123-129.
5. Василюк, И.П. Алгоритм оценки эффективности работы кафедр университета для управления его рейтинговыми показателями / Ромашкова, О.Н., Пономарева, Л.А., Василюк, И.П. // ISSN 1995-4565. Вестник РГРТУ. – 2018. – № 64. – С.102-108. DOI: 10.21667/1995-4565-2018-64-2-102-108. (ВАК)
6. Василюк, И.П. Линейное ранжирование показателей оценки деятельности вуза / Ромашкова, О.Н., Пономарева, Л.А., Василюк, И.П. // Современные информационные технологии и ИТ-образование. – 2018. – Том 14, №1. – С. 243-253
7. Василюк, И.П. Оценка экономического эффекта внедрения системы комплексной безопасности образовательного учреждения / Василюк, И.П.,

Фоминых Ю.Г. и др. // Академия ГПС МЧС России, научный Интернет журнал «Технологии техносферной безопасности» – 2013. – выпуск №1(47).  
<http://ipb.mos.ru/ttb>

8. Василюк, И.П. О некоторых организационно-технических аспектах построения системы комплексной безопасности вуза с использованием современных телекоммуникационных технологий. Опыт РУДН / Василюк, И.П., Щесняк Е.Л. // Информационные технологии, связь и защита информации МВД России. – 2012. – № 2. – С.46-47.

9. Василюк, И.П. Об опыте обеспечения комплексной безопасности образовательного учреждения / Василюк, И.П., Фоминых Ю.Г. и др. // Академия ГПС МЧС России, научный Интернет журнал «Технологии техносферной безопасности» – 2010. – выпуск №5(33). <http://ipb.mos.ru/ttb>

10. Информационная система управления эффективностью крупной региональной (городской) образовательной системы. Свидетельство государственной регистрации программы для ЭВМ № 2018660846 / Авторы: Моргунов А.И., Василюк И.П. – 29 августа 2018 г.

11. Автоматизированная система учета услуг телефонной связи Свидетельство государственной регистрации программы для ЭВМ №2018661612 / Авторы: Василюк И.П., Артемьев М.Г. – 10 сентября 2018 г.

12. Программа для автоматизированного управления рейтингом вуза. Свидетельство государственной регистрации программы для ЭВМ №2019613313/Авторы: Чискидов С.В., Пономарева Л.А., Белякова А.В., Василюк И.П. – 13 марта 2019 г.

13. Василюк, И.П. Модель формирования рейтинговой оценки вуза/ Ромашкова, О.Н., Пономарева Л.А., Василюк, И.П.// Информационно-телекоммуникационные технологии и математическое моделирование высокотехнологичных систем. Материалы Всероссийской конференции с

международным участием, 15–19 апреля 2019. - С. 290-294

14. Василюк, И.П. Новый подход к ранжированию образовательных организаций с применением электронного портфолио / Белякова, А.В., Пономарева, Л.А., Василюк, И.П. // В сборнике научных трудов II Международной научно-практической конференции (30 октября 2018г., Краснодар), Краснодар: АНО ДПО ИССиМ, 2018. – С.29-33

15. Василюк, И.П. Модель функционирования информационной системы определения рейтинга ВУЗа / Василюк, И. П., Шагабаев, И. А. // В сборнике научных трудов II Международной научно-практической конференции (30 октября 2018г., Краснодар), Краснодар: АНО ДПО ИССиМ, 2018. – С.34-38

16. Василюк, И.П. Моделирование процессов определения рейтинга вуза / Шагабаев, И.А., Василюк, И.П.// В сборнике научных трудов II Международной научно-практической конференции (30 октября 2018г., Краснодар), Краснодар: АНО ДПО ИССиМ, 2018. – С.82-91.

17. Василюк, И.П. Модель оценки качества информационных процессов для автоматизированной системы вуза / Пономарева, Л.А., Ромашкова, О.Н., Василюк, И.П. // В сборнике: Технологии информационного общества. Сборник трудов XII Международной отраслевой научно-технической конференции. М.:МТУСИ, 2018. – С. 227-230.

18. Василюк И.П. Применение информационных технологий для анализа показателей рейтинговой оценки вуза/ Ромашкова, О.Н., Пономарева, Л.А., Василюк, И.П.// Информационно-телекоммуникационные технологии и математическое моделирование высокотехнологичных систем. Материалы Всероссийской конференции с международным участием, Москва, РУДН, 16–20 апреля 2018. – С.65-68.

19. Василюк, И.П. Обеспечение комплексной безопасности высшего учебного заведения / Щесняк, Е.Л., Василюк, И.П. Плющиков, В.Г., Побыванец,

В.С. и др. – М.: РУДН, 2018. – С. 532.

20. Василюк, И.П. Электронное портфолио студентов для управления рейтингом университета/ Пономарева, Л.А., Ромашкова, О.Н., Василюк, И.П. // В книге: Новые информационные технологии в научных исследованиях материалы XXIII Всероссийской научно-технической конференции студентов, молодых ученых и специалистов. Рязанский государственный радиотехнический университет. 2018. – С. 19-21.

21. Василюк, И.П. Нейросетевая модель для поддержки управленческих решений по повышению международного рейтинга вуза / Ромашкова, О.Н., Пономарева, Л.А., Василюк, И.П. // В книге: Новые информационные технологии в научных исследованиях материалы XXIII Всероссийской научно-технической конференции студентов, молодых ученых и специалистов. Рязанский государственный радиотехнический университет. 2018. – С. 21-22.

22. Василюк, И.П. Концептуальная модель изменения рейтинговой оценки вуза/ Василюк, И.П., Пономарева, Л.А., Ромашкова, О.Н. // В сборнике: Методы, механизмы и факторы международной конкурентоспособности национальных экономических систем. Сборник статей Международной научно-практической конференции : в 2 ч. Уфа, 2017. –С. 75-77.

23. Василюк И.П. Информационные модели и методы повышения конкурентоспособности вуза в международных рейтинговых системах/ Василюк, И.П., Шагабаев, И.А. // В сборнике: Воздействие научно-технической революции на характер связи науки с производством. Сборник статей Международной научно-практической конференции (5 октября 2017 г., Челябинск). - Уфа: АЭТЕРНА, 2017. – С. 104-105.

24. Василюк И.П. Разработка архитектуры управленческой информационной системы для программы повышения конкурентоспособности вуза // В книге: Новые информационные технологии в научных исследованиях

материалы XXII Всероссийской научно-технической конференции студентов, молодых ученых и специалистов. Рязанский государственный радиотехнический университет. 2017. – С. 25-27.

25. Василюк, И.П. Информационная система рейтингового оценивания деятельности образовательных организаций для поддержки управленческих решений/ Бадрилова, К.А., Василюк, И.П. // В сборнике: Опыт создания и реализации технологических инноваций в образовании Сборник материалов Международной научно-практической конференции. Редколлегия: Л.А. Абрамова [и др.]. 2017. – С. 103-105.

26. Василюк, И.П. Анализ международных и российских рейтинговых систем оценки деятельности университетов / Шагабаев, И.А., Василюк, И.П. // Интерактивная наука. – 2017. – № 11 (21). – С. 94-97.

27. Василюк, И.П. Комплексная безопасность высшего учебного заведения / Щесняк, Е.Л., Василюк, И.П. Плющиков, В.Г., Побыванец, В.С. и др. – М.: РУДН, 2011. – С. 587.

28. Василюк, И.П. Использование современных телекоммуникационных технологий для обеспечения комплексной безопасности образовательного учреждения / Щесняк, Е.Л., Василюк, И.П., Фоминых, Ю.Г. // Труды международной научно-практической конференции «Инновационная экономика и промышленная политика региона (Экопром – 2011). СПб.: Издательство Политехнического университета, 2011. – С.451-455. (работа выполнена в рамках ФПЦ «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России на 2009-2013 годы)

29. Василюк, И.П. Обеспечение комплексной безопасности образовательного учреждения на основе телекоммуникационных технологий / Василюк, И.П., Фоминых, Ю.Г., Щесняк, Е.Л. // Научно-технические ведомости СПбГПУ. СПб.: СПбГПУ, 2011. – №5(133). – С.119-122.

30. Василюк, И.П. Опыт РУДН по построению интегрированной системы безопасности вуза/ Василюк, И.П., Пителинский К.В. // Материалы 9-го симпозиума «Стратегическое планирование и развитие предприятий» 15-16 апреля 2008 г. – М.: ЦЭМИ РАН, 2008. – С.47-48.

31. Василюк, И.П. Перспективы применения современных телекоммуникационных технологий при обучении МВА // Материалы 8-го симпозиума «Стратегическое планирование и развитие предприятий» 10-11 апреля 2007 г. – М.: ЦЭМИ РАН, 2007. – С.40-42.

32. Василюк И.П. Особенности передачи информации в кампусных мультисервисных сетях // Информационные модели экономики: Сборник трудов 3-й всероссийской научно-практической конференции (Москва, 20 декабря 2005г. – 20 января 2006г.) – М.: МГАПИ, 2006. – С.42-43.

33. Методика расчета рейтинга вузов России. [Электронный ресурс] Режим доступа: [https://studopedia.ru/8\\_161169\\_metodika-rascheta-reytinga-vuzov-rossii.html](https://studopedia.ru/8_161169_metodika-rascheta-reytinga-vuzov-rossii.html), свободный

34. Рейтинговое агентство (2017). [Электронный ресурс] Режим доступа: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Рейтинговое\\_агентство](https://ru.wikipedia.org/wiki/Рейтинговое_агентство), свободный

35. Рейтинги университетов мира. Educationindex.ru. 2009-2018. – [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://www.educationindex.ru/articles/university-rankings>

36. Утверждение плана мероприятий по развитию ведущих университетов, предусматривающих повышение их конкурентоспособности среди ведущих мировых научно-образовательных центров от 26 октября 2012 г. Распоряжение Правительства РФ N2006-р [Текст] / Собрание законодательства РФ. – 2012. – 05 ноября. – СТ.6288.

37. US News Higher education. [Электронный ресурс] // URL: <http://colleges.usnews.rankingsandreviews.com/usnews/edu/college/rankings/rankind>

ex\_brief.php (дата обращения: 10.07.2017).

38. Measuring University Performance. [Электронный ресурс] // URL: <http://mur.asu.edu> (дата обращения: 10.07.2017).

39. StudentsReview: Dynamic University and College Rankings. [Электронный ресурс] // URL: [http://www.studentsreview.com/college\\_rankings.html](http://www.studentsreview.com/college_rankings.html) (дата обращения: 10.07.2017).

40. ZEIT Campus. [Электронный ресурс] // URL: <http://ranking.zeit.de/che9/CHE> (дата обращения: 10.07.2017).

41. Guardian University Guide 2018. [Электронный ресурс] // URL: <http://education.guardian.co.uk/universityguide2009/0,,2276673,00.html> (дата обращения: 12.07.2017).

42. The Times and The Sunday Times. [Электронный ресурс] // URL: [http://extras.timesonline.co.uk/tol\\_gug/gooduniversityguide.php](http://extras.timesonline.co.uk/tol_gug/gooduniversityguide.php) (дата обращения: 12.07.2017).

43. Maclean`s Education hub: University and College profiles, program and school rankings and more. [Электронный ресурс] // URL: <http://oncampus.macleans.ca/education/rankings/> (дата обращения: 12.07.2017).

44. University Rankings.ch. [Электронный ресурс] // URL: <http://www.goforexcellence.ch/de/ranking.php> (дата обращения: 12.07.2017).

45. DFG.de. [Электронный ресурс] // URL: <http://www.dfg.de/en/ranking/index.html> (дата обращения: 12.07.2017).

46. Cest.ch. [Электронный ресурс] // URL: <http://www.cest.ch/en/aktuell.htm> (дата обращения: 12.07.2017).

47. Graduate-School. [Электронный ресурс] // URL: <http://graduate-school.phds.org/> (дата обращения: 12.07.2017).

48. Hero.ac. [Электронный ресурс] // URL: <http://www.hero.ac.uk/rae/index.htm> (дата обращения: 12.07.2017).

49. The Princeton Review: Best 382 Colleges 2018. [Электронный ресурс] // URL: <http://www.princetonreview.com/college-rankings.aspx> (дата обращения: 15.07.2017).

50. WashingtonMonthly.com. [Электронный ресурс] // URL: <http://www.washingtonmonthly.com/features/2001/0201.biglist.html> (дата обращения: 15.07.2017).

51. A New Ranking of American Colleges on Laissez-Faire Principles, 1999-2000. [Электронный ресурс] // URL: <http://collegeadmissions.tripod.com/> (дата обращения: 15.07.2017).

52. BlackEnterprise.com. [Электронный ресурс] // URL: <http://www.blackenterprise.com/cms/exclusivesopen.aspx?id=106> (дата обращения: 15.07.2017).

53. CollegeProwler.com. [Электронный ресурс] // URL: <http://www.collegeprowler.com/find/by-ranking.aspx> (дата обращения: 15.07.2017).

54. Kiplinger`s Best College Values. [Электронный ресурс] // URL: <http://www.kiplinger.com/tools/colleges/> (дата обращения: 15.07.2017).

55. NewMobility.com. [Электронный ресурс] // URL: <http://www.newmobility.com/articleViewIE.cfm?id=122> (дата обращения: 15.07.2017).

56. Brennan`s Law School Rankings. [Электронный ресурс] // URL: <http://www.ilrg.com/rankings/> (дата обращения: 15.07.2017).

57. Cooley.edu. [Электронный ресурс] // URL: <http://www.cooley.edu/rankings/> (дата обращения: 15.07.2017).

58. The Law School Ranking Game. [Электронный ресурс] // URL: <http://monoborg.law.indiana.edu/LawRank/> (дата обращения: 15.07.2017).

59. Top50 Research Universities. [Электронный ресурс] // URL: <http://www.researchinfosource.com/top50.shtml> (дата обращения: 15.07.2017).

60. QS World University Rankings by Subject 2011. [Электронный ресурс] //

URL: <http://www.topuniversities.com/university-rankings/world-university-rankings/2011/subject-rankings/> (дата обращения: 15.07.2017).

61. Management Department Productivity Rankings. [Электронный ресурс] // URL: <http://mays.tamu.edu/mgmt/productivity-rankings/> (дата обращения: 17.07.2017).

62. The Tilburg University Top 100 Worldwide Economics Schools Research Ranking based on research contribution 2007 – 2011. [Электронный ресурс] // URL: <https://econtop.uvt.nl/rankinglist.php> (дата обращения: 17.07.2017).

63. The UTD Top 100 Business School Research Rankings. [Электронный ресурс] // URL: <http://jindal.utdallas.edu/the-utd-top-100-business-school-research-rankings/> (дата обращения: 17.07.2017).

64. Finance Rankings. [Электронный ресурс] // URL: <http://wpcarey.asu.edu/fin-rankings/rankings/results.cfm> (дата обращения: 17.07.2017).

65. Academic Ranking of World Universities in Economics/Business 2010. [Электронный ресурс] // URL: <http://www.arwu.org/SubjectEcoBus2010.jsp> (дата обращения: 17.07.2017).

66. Google-based Ranking for Computer Science and Engineering Departments. [Электронный ресурс] // URL: <http://pages.cs.wisc.edu/~remzi/rank.html> (дата обращения: 17.07.2017).

67. RePEc/IDEAS rankings. [Электронный ресурс] // URL: <http://ideas.repec.org/top/> (дата обращения: 17.07.2017).

68. Боргоякова Т.Г., Лозицкая Е.В. Математическое моделирование: определение, применимость при построении моделей образовательного процесса // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ» Том 9, №2 (2017). <http://naukovedenie.ru/PDF/82TVN217.pdf>

69. Советов Б.Я., Яковлев С.А. Моделирование систем [Текст]: учеб. для

вузов - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Высш. шк., 2001. - 343 с. - С. 6 ISBN 5-06-003860-2.

70. Самарский А.А., Михайлов А.П. Математическое моделирование. Идеи. Методы. Примеры [Текст] - 2-е изд., испр. - М.: Физматлит, 2001. ISBN 5-9221-0120-X.

71. Мышкис А.Д. Элементы теории математических моделей [Текст] - 3-е изд., испр. М.: КомКнига, 2007. - 192 с. ISBN 978-5-484-00953-4.

72. Новиков И.Б. О философских вопросах кибернетического моделирования [Текст]. М.:, Знание, 1964.

73. Мешалкин В.И. Учреждения высшего и среднего профессионального образования в Российской Федерации. Аккредитация - самообследование - рейтинг [Текст] - М.: изд-во РУДН, 1995. - 136 с.

74. Аветисов А.А., Камышникова Т.В. Оптимизационная модель оценки и управления качеством подготовки студентов в ВУЗе [Текст] // Проблемы качества, его нормирования и стандартов в образовании. М.: Исследовательский центр проблем качества подготовки специалистов. 1998. С. 105 - 109.

75. Сухинин В.П., Горшенина М.В. Проектирование дополнительных образовательных услуг на основе методов Г. Тагути [Текст] // Управление качеством высшего образования: теория, методология, организация, практика, СПб-Кострома: Смольный институт РАО, изд-во КГУ. 2005. Т. 3. С. 80-85.

76. Чернецкий В.И. Математическое моделирование динамических систем [Текст] - Петрозаводск: изд-во Петр. ГУ. 1996.

77. 3. Васильев В.Н. и др. О математических моделях оптимального управления системой подготовки специалистов [Текст] - Петрозаводск: изд-во Петр. ГУ. 1997.

78. Shannon C.E. A mathematical theory of communication // The Bell System Technical Journal. Vol. 27. P. 379-423, 623-656. July-October. 1948.

79. Мулен Э. Корпоративное принятие решений. М. Мир, 1991.
80. Ковалев М.М., Нехорошева Л.Н. Новые инновационные структуры. Вестник БГЭУ, №1, 1995, с. 54-69.
81. Ковалев М.М., Курбацкий А.Н., Листопад Н.И. Экспертная система анализа тендерных предложений компьютерного оборудования и софтвера. Інфарматызацыя адукацыі, №1, 1997, 68-92.
82. Ковалев М.М., Шибeko И.Т. Методики расчета банковских рейтингов. Банкаўскі веснік, №6, 1999, 30-39.
83. Горбач А.В., Ковалев М.М. Как определяются международные рейтинги государств. Вестник ассоциации белорусских банков, №33, 2000.
84. Ромашкова О.Н., Ермакова Т.Н. Методика выбора информационной модели для оценки показателей качества обучения // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Информатизация образования. 2015. № 2. С. 14-20.
85. Пономарева Л.А., Голосов П.Е. Разработка математической модели учебного процесса в вузе для повышения качества образования // Фундаментальные исследования. 2017. № 2. С. 77-81.
86. Пономарева Л.А. Информатизация процесса преподавания высшей математики для гуманитарных специальностей в Московском городском педагогическом университете // Информатизация образования и науки. 2014. № 4 (24). С. 32-42.
87. Пономарева Л.А., Коданев В.Л. Разработка модуля корпоративной информационной системы «Образовательная среда вуза» на базе облачных технологий // В сборнике: Информатика: проблемы, методология, технологии сборник материалов XVII международной научно-методической конференции: в 5 т. 2017. С. 393-398.
88. Пономарева Л. А., Голосов П. Е. Разработка математической модели

учебного процесса в вузе для повышения качества образования // *Фундаментальные исследования*. 2017. – № 2. С. 77 – 81.

89. Ромашкова О. Н., Ермакова Т. Н. Мониторинг качества образования в средней общеобразовательной организации с использованием современных средств информатизации // *Вестник Российского университета дружбы народов*. Серия: Информатизация образования. 2014. – № 4. С. 10 – 17.

90. Методика расчета показателей эффективности образовательных организаций высшего образования 2014 года (на основе данных формы «Мониторинг по основным направлениям деятельности образовательной организации высшего образования за 2013 г. (форма № 1-Мониторинг», утв. Минобрнауки России 03.04.2014 № АК-39/05вн).

91. Показатели результативности программы повышения конкурентоспособности университета среди ведущих мировых научно-образовательных центров (на основе Постановления Правительства Российской Федерации от 16 марта 2013 г. № 211 «О мерах государственной поддержки ведущих университетов Российской Федерации в целях повышения их конкурентоспособности среди ведущих мировых научно-образовательных центров»). – Режим доступа: <http://www.rg.ru/2013/03/25/university-site-dok.html>.

92. QS World University Rankings: Methodology [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.topuniversities.com/university-rankings-articles/world-university-rankings/qs-world-university-rankings-methodology> – Яз.: англ.

93. Межевов А. Д. Исследование аналитических возможностей ERP-систем управления высшим учебным заведением / А. Д. Межевов, Ф. О. Федин // *Вестник Университета (Государственный университет управления)*. - 2011. – № 23. – С. 169 – 172.

94. Пономарева Л. А., Коданев В. Л. Разработка модуля корпоративной информационной системы «Образовательная среда вуза» на базе облачных

технологий // Информатика: проблемы, методология, технологии: сборник материалов XVII международной научно-методической конференции: в 5 т. М., 2017. – С. 393 – 398.

95. Ромашкова О. А., Моргунов А. И. Информационная система для оценки результатов деятельности общеобразовательных организаций г. Москвы // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Информатизация образования. 2015. – № 3. С. 88 – 95.

96. Hassoun, M.H. Fundamentals of Artificial Neural Networks / M.H. Hassoun. – Massachusetts: MIT Press, 1995.

97. Хайкин, С. Нейронные сети: полный курс. 2-е изд.: учебник / С. Хайкин. – М.: Вильямс, 2006.

98. Галушкин, А.И. Нейронные сети. Основы теории: учебник / А.И. Галушкин. – М.: Горячая линия - Телеком, 2010.

99. Головкин, В.А. Нейронные сети: обучение, организация и применение: учебник / В.А. Головкин. – М.: ИПРЖР, 2001.

100. Яхьяева, Г.Э. Основы теории нейронных сетей: учебник / Г.Э. Яхьяева. – М.: Открытые системы.

101. Тархов, Д. А. Нейронные сети. Модели и алгоритмы: справочник / Д.А. Тархов. – М.: Радиотехника, 2005.

102. Пономарева Л. А., Голосов П. Е. Разработка математической модели учебного процесса в вузе для повышения качества образования // Фундаментальные исследования. – 2017. – № 2. – С. 77-81. <https://elibrary.ru/item.asp?id=28800201>

103. Ромашкова О. Н., Ермакова Т. Н. Мониторинг качества образования в средней общеобразовательной организации с использованием современных средств информатизации // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Информатизация образования. – 2014. – № 4. – С. 10-17.

<https://elibrary.ru/contents.asp?issueid=1345001>

104. Овчинникова Е. В., Чискидов С. В. Проблемы разработки и применения интерактивных образовательных модулей в процессе обучения // В сборнике: Наука, образование, общество: тенденции и перспективы Сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции: в 7 частях. ООО "Ар.Консалт".– 2014. – С. 80-85.

105. Пономарева Л. А., Коданев В.Л. Разработка модуля корпоративной информационной системы «Образовательная среда вуза» на базе облачных технологий // В сборнике: Информатика: проблемы, методология, технологии сборник материалов XVII международной научно-методической конференции: – т. 5. – 2017. – С. 393-398. <https://elibrary.ru/item.asp?id=28952199>

106. Ромашкова О. А., Моргунов А. И. Информационная система для оценки результатов деятельности общеобразовательных организаций г. Москвы // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Информатизация образования. – 2015. – № 3. – С. 88-95. <https://elibrary.ru/item.asp?id=24323920>

107. Ромашкова О. Н., Пономарева Л. А. Модель учебного процесса в вузе с использованием сетей петри // Современные информационные технологии и ИТ-образование. – 2017. – Т. 13. – № 2. – С. 131-139. DOI: 10.25559/SITITO.2017.2.244

108. Пономарева Л. А., Литвинова К. Р., Горелов В. И. Сравнительный анализ российских рейтинговых систем оценки вуза // В сборнике: Методы, механизмы и факторы международной конкурентоспособности национальных экономических систем сборник статей Международной научно-практической конференции: в 2 частях. – 2017. – С. 55-58. <https://elibrary.ru/item.asp?id=30378977>

109. Ромашкова О. Н., Пономарева Л. А. Модель эффективного управления объединенной образовательной системой (структурой) // Новые

информационные технологии в научных исследованиях материалы XXII Всероссийской научно-технической конференции студентов, молодых ученых и специалистов. Рязанский государственный радиотехнический университет. – 2017. – С. 16-18. <https://elibrary.ru/item.asp?id=30521101>

110. Пономарева Л.А., Коданев В.Л., Чискидов С.В. Модель управления процессом освоения компетенций в образовательной организации // Новые информационные технологии в научных исследованиях материалы XXII Всероссийской научно-технической конференции студентов, молодых ученых и специалистов. Рязанский государственный радиотехнический университет. – 2017. – С. 20-22. <https://elibrary.ru/item.asp?id=30521104>

111. Пономарева Л.А., Голосов П.Е., Мосягин А.Б., Горелов В.И. Метод эффективного управления процессами освоения компетенций в образовательных средах // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и технические науки. – 2017. – № 9. – С. 48-53. <https://elibrary.ru/item.asp?id=30281545>

112. Пономарева Л.А., Кочергина Г.М., Перелыгина Е.Н. Применение информационно-коммуникационных технологий при изучении банковского дела в колледже // В сборнике: Теоретические и прикладные вопросы науки и образования. Сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции: в 16 частях. – 2015. – С. 104-107. DOI: 10.17117/na.2015.02.083

113. Платформа для создания аналитических решений Deductor [Электрон. ресурс] // Режим доступа: <http://www.basegroup.ru/>, свободный.

114. Lee, J.-Y., Lee, S.H., Kim, J.-H., “A review of the curriculum development process of simulation-based educational intervention studies in Korea”, Nurse Education Today, vol. 64, pp. 42-48, 2018.

DOI: <https://doi.org/10.1016/j.nedt.2018.01.029>

115. The empirical research on human knowledge processing in natural language within engineering education Svetsky, S., Moravcik, O. 2018 *Advances in Intelligent Systems and Computing* 627, pp. 3-15

116. Technology of implementation of the software module 1С: University in activities of primary labour union employee organization of a higher education institution Shaydurov, A.A., Chenushkina, S.V., Shaydurova, T.Y., Tsaregorodtsev, A.A., Korotaev, I.S. 2018 *Espacios* 39(5),12

117. Competency analytics tool: Analyzing curriculum using course competencies Gottipati, S., Shankararaman, V. 2018 *Education and Information Technologies* 23(1), pp. 41-60

118. An empirical study of software entropy based bug prediction using machine learning Kaur, A., Kaur, K., Chopra, D. 2017 *International Journal of Systems Assurance Engineering and Management* 8, pp. 599-616.

119. Домарев В. В. Защита информации и безопасность компьютерных систем. – Киев.: Диасофт, 2006. – 480 с.

120. Экономическая безопасность России: Общий курс: учеб. / под ред. В. К. Сенчагова. – М.: Дело, 2005. – 896 с.

121. Белов П. Г. Теоретические основы системной инженерии безопасности. – Киев: КМУГА, 2006.

122. Заде Л. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений – М.: МИР, 1976. – 165 с.

123. Методическая поддержка в 1С. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://v8.1c.ru/> (дата обращения: 23.04.2018).

124. 1С: Предприятие 8.3. Руководство администратора. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.1c.ru> (дата обращения: 24.04.2018).

125. Гагарина, Л.Г. Разработка и эксплуатация автоматизированных информационных систем: Учебное пособие. – М.: Форум, 2013. – 384 с.

126. Советов, Б.Я., Цехановский, В.В., Чертовский, В.Д. Базы данных. Учебник для прикладного бакалавриата. – М.: Юрайт, 2014. – 463 с.
127. Методическая поддержка в 1С. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://v8.1c.ru/> (дата обращения: 26.04.2018).
128. К. Е. Самуйлов, А. В. Чукарин, Н. В. Яркина. Бизнес-процессы и информационные технологии в управлении телекоммуникационными компаниями / М.: Альпина Паблишерз, 2016. — 512 с
129. Самуйлов К.Е., Чукарин А.В., Гайдамака Ю.В., Зарипова Э.Р. Математическая модель и метод оптимизации времени выполнения бизнес-процесса телекоммуникационной компании – Т-Comm: Телекоммуникации и транспорт, 2017. – Т. 11. № 1. С. 37-44.
130. Yarkina N., Popovskaya N., Khalina V., Gaidamaka A., Samouylov K. Modeling end-to-end business processes of a telecom company with a BCMP queueing network – Communications in Computer and Information Science (см. в книгах), 2017. – Т. 800. С. 279-296.