

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

---

Школа информационных технологий и робототехники  
Направление подготовки 09.04.01 «Информатика и вычислительная техника»  
Отделение школы (НОЦ) информационных технологий

**МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ**

Тема работы
Разработка и программная реализация механизма хранения и управления связями между объектами САПР БПО

УДК 004.42:629.73.05-52

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ВМ71	Рачкован О. А.		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОИТ	Цапко С. Г.	к. т. н.		

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Меньшикова Е. В.	к. ф. н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ООД ШБИП	Алексеев Н. А.	-		

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОИТ	Кочегурова Е. А.	к. т. н.		

## ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
<b><i>Профессиональные компетенции</i></b>	
P1	Применять глубокие естественнонаучные, математические и инженерные знания для создания и обработки новых материалов
P2	Применять глубокие знания в области современных технологий машиностроительного производства для решения междисциплинарных инженерных задач
P3	Ставить и решать инновационные задачи инженерного анализа, связанные с созданием и обработкой материалов и изделий, с использованием системного анализа и моделирования объектов и процессов машиностроения
P4	Разрабатывать технологические процессы, проектировать и использовать новое оборудование и инструменты для обработки материалов и изделий, конкурентоспособных на мировом рынке машиностроительного производства
P5	Проводить теоретические и экспериментальные исследования в области современных технологий обработки материалов, нанотехнологий, создания новых материалов в сложных и неопределенных условиях
P6	Внедрять, эксплуатировать и обслуживать современные высокотехнологичные линии автоматизированного производства, обеспечивать их высокую эффективность, соблюдать правила охраны здоровья и безопасности труда на машиностроительном производстве, выполнять требования по защите окружающей среды
<b><i>Универсальные компетенции</i></b>	
P7	Использовать глубокие знания по проектному менеджменту для ведения инновационной инженерной деятельности с учетом юридических аспектов защиты интеллектуальной собственности
P8	Активно владеть иностранным языком на уровне, позволяющем работать в иноязычной среде, разрабатывать документацию, презентовать и защищать результаты инновационной инженерной деятельности
P9	Эффективно работать индивидуально, в качестве члена и руководителя группы, состоящей из специалистов различных направлений и квалификаций, демонстрировать ответственность за результаты работы и готовность следовать корпоративной культуре организации
P10	Демонстрировать глубокие знания социальных, этических и культурных аспектов инновационной инженерной деятельности, компетентность в вопросах устойчивого развития
P11	Самостоятельно учиться и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
 федеральное государственное автономное  
 образовательное учреждение высшего образования  
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа информационных технологий и робототехники  
 Направление подготовки 09.04.01 «Информатика и вычислительная техника»  
 Отделение школы (НОЦ) информационных технологий

УТВЕРЖДАЮ:  
 Руководитель ООП

\_\_\_\_\_  
 (Подпись)    (Дата)    (Ф.И.О.)

**ЗАДАНИЕ**  
**на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

магистерской диссертации

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
8ВМ71	Рачковану О. А.

Тема работы:

Разработка и программная реализация механизма хранения и управления связями между объектами САПР БПО	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	Приказ №1325/с от 20.02.2019г.

Срок сдачи студентом выполненной работы:	01.06.19
--	----------

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<p><b>Исходные данные к работе</b></p> <p><i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p>Объект исследования: процесс управления жизненным циклом бортового программного обеспечения космических аппаратов.</p> <p>Требования: разработка и программная реализация механизма хранения и управления связями между объектами САПР БПО.</p>
---	--

<p><b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b></p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. анализ предметной области;</li> <li>2. исследование этапов разработки архитектурного проекта бортового программного обеспечения;</li> <li>3. реализация механизма хранения объектов;</li> <li>4. разработка операций по управлению объектами;</li> <li>5. апробация реализованных возможностей.</li> </ol>
--	--

<p><b>Перечень графического материала</b></p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p>Презентация в формате *.pptx</p>
--	-------------------------------------

<p><b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b></p> <p><i>(с указанием разделов)</i></p>	
---	--

Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Меньшикова Е. В.
Социальная ответственность	Алексеев Н. А.
Operations on objects using relationships	Куркан Н. В.

<p><b>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</b></p>
--

<p>Операции над объектами с использованием связей</p>
---

<p><b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b></p>	<p>11.02.19</p>
--	-----------------

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОИТ	Цапко С. Г.	к. т. н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8BM71	Рачкован О. А.		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА  
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И  
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
8BM71	Рачкован Олег Андреевич

<b>Школа</b>	<b>ИШИТР</b>	<b>Отделение школы (НОЦ)</b>	<b>ОИТ</b>
Уровень образования	магистратура	Направление/специальность	09.04.01 Информатика и вычислительная техника

**Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:**

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	1. Оклад доцента – 33664Р 2. Оклад инженера – 12663Р 3. Стоимость одного квт\ч – 5,8Р 4. Стоимость оборудования - 69000Р
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	5. 6-часовой рабочий день 6. 6-ти дневная рабочая неделя 7. Годовая норма амортизации – 3,3%
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	8. Единый социальный налог – 27,1%

**Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:**

1. Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ	1. Потенциальные потребители результатов исследования 2. SWOT-анализ
2. Разработка устава научно-технического проекта	3. Цели и результат проекта 4. Организационная структура проекта 5. Ограничения и допущения проекта
3. Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок	6. План проекта 7. Бюджет научного исследования 8. Реестр рисков проекта

**Перечень графического материала**

1. Матрица SWOT 2. диаграмма Ганта 3. Потенциальные риски	
---	--

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	
---	--

**Задание выдал консультант:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Доцент	Меньшикова Екатерина Валентиновна	к. ф. н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
8BM71	Рачкован О. А.		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА  
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

Группа	ФИО
8ВМ71	Рачковану Олегу Андреевичу

Школа	ИШИТР	Отделение (НОЦ)	Информационных технологий
Уровень образования	магистратура	Направление/специальность	09.04.01 Информатика и вычислительная техника

<b>Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:</b>	
Характеристика объекта исследования (вещество, материал, рабочая зона) и области его применения	Разработка и программная реализация механизма хранения и управления связями между объектами САПР БПО
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<b>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности</b>	9. специальные правовые нормы трудового законодательства; 10. организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.
<b>2. Производственная безопасность</b> 2.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения 2.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения	<b>Вредные факторы:</b> 1. отклонения показателей микроклимата; 2. недостаточная освещенность рабочей зоны; 3. превышение уровня шума; 4. повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека. <b>Опасные факторы:</b> 1. электрический ток; 2. опасность возникновения пожара.
<b>3. Экологическая безопасность</b>	Источники выбросов в атмосферу; Образование сточных вод и отходов. Мероприятия по снижению вредного воздействия на ОС
<b>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях</b>	Вероятные ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения и меры по их предупреждению

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
--	--

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ООД ШБИП	Алексеев Н. А.	-		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ВМ71	Рачкован О. А.		

## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит 88 страниц, 29 рисунков и 16 источников.

Ключевые слова: ПОИСК В СТРУКТУРАХ ДАННЫХ, АРХИТЕКТУРА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ, СВЯЗИ МЕЖДУ ОБЪЕКТАМИ, СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ДАННЫМИ ОБ ИЗДЕЛИИ, СИСТЕМА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ, БОРТОВОЕ ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ, БПО.

Объект исследования – механизмы хранения и управления связями между объектами в САПР БПО.

Целью магистерской диссертации является анализ и реализация методов по выполнению операций поиска, сравнения и копирования объектов информационной системы, а также исследование и реализация оптимального пути их хранения.

В результате выполненной работы разработан прототип системы автоматизированного проектирования бортового программного обеспечения, который позволяет автоматизировать работу проектанта БПО. Приложение имеет интерфейс для ввода данных, позволяет проверять введенные значения на корректность, обладает механизмами поиска сравнения и копирования объектов разработки.

Экономическая эффективность работы обусловлена сокращением сроков разработки архитектурного проекта, оптимизацией процессов сопровождения БПО, уменьшением количества ошибок проектирования.

В будущем планируется доработка прототипа, проведение отладки и тестирования в условиях близких работе проектанта архитектурного проекта и внедрение САПР БПО в АО ИСС.

## Обозначения и сокращения

АТ – автономное тестирование.

ПО – программное обеспечение.

СТ – системное тестирование.

БК – бортовой компьютер.

ИД – исходные данные.

МП – программа и методика.

БКУ – блок контроля и управления.

САПР – система автоматизированного проектирования.

БПО – бортовое программное обеспечение.

КА – космический аппарат.

ТМИ – телеметрическая информация.

МНЗ – магнитный носитель записи.

ППЗУ – программируемое постоянно запоминающее устройство.

ТКПП – технологический комплекс производства программ.

СУБД – система управления базой данных.

ORM – Object-Relational Mapping.

EF – Entity Framework.

LINQ – Language Integrated Query.

DTO – Data Transfer Objects.

WCF – Windows Communication Foundation.

WPF – Windows Presentation Foundation.

IIS – Internet Information Services.

## Оглавление

Введение.....	11
1 Анализ предметной области .....	12
1.1 Этапы разработки БПО.....	12
1.2 Архитектурное проектирование .....	15
1.3 Назначение и состав САПР БПО.....	17
1.4 Постановка задачи .....	21
2 Разработка механизмов хранения и управления.....	22
2.1 Механизм хранения .....	23
2.1.1 Доменная модель .....	23
2.2 Механизм управления .....	25
2.2.1 Связь данных между собой.....	25
2.2.2 Операции над объектами с использованием связей.....	26
3 Тестирование прототипа САПР БПО.....	37
3.1 Поиск объектов.....	37
3.1.1 Поиск по имени.....	37
3.1.2 Поиск использования объекта в изделии .....	37
3.1.3 Поиск резервов.....	38
3.2 Сравнение объектов.....	39
3.3 Копирование объектов.....	40
4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	42
4.1 Потенциальные потребители результатов исследования .....	42
4.2 SWOT-анализ.....	42
4.3 Инициация проекта.....	45
4.4 Устав проекта .....	45

4.4.1	Цели и результат проекта.....	45
4.4.2	Организационная структура проекта.....	46
4.4.3	Ограничения и допущения проекта .....	47
4.5	Планирование управления научно-техническим проектом .....	47
4.5.1	План проекта .....	47
4.5.2	Бюджет научного исследования.....	49
4.6	Реестр рисков проекта .....	56
5	Социальная ответственность .....	58
	Введение.....	59
5.1	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности. ....	59
5.2	Производственная безопасность .....	60
5.3	Анализ опасных и вредных производственных факторов.....	61
5.3.1	Микроклимат производственных помещений.....	61
5.3.2	Производственные шумы.....	63
5.3.3	Производственное освещение .....	63
5.3.4	Электробезопасность.....	69
5.4	Экологическая безопасность.....	71
5.5	Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	72
5.6	Выводы.....	73
	Заключение .....	74
	Список использованных источников .....	75
	Приложение А .....	77
2.2.2	Operations on objects using relationships .....	78

## Введение

В процессе управления жизненным циклом космического аппарата (КА) от этапа проектирования до запуска необходимо создать и контролировать архитектурную конфигурацию его программного обеспечения, осуществлять поиск различных версий одного и того же программного компонента, сравнивать разработанные конфигурации.

Система автоматизированного проектирования (САПР) бортового программного обеспечения (БПО) позволяет автоматизировать процессы разработки архитектурного проекта БПО, а также предоставляет инструменты контроля и поиска вхождений программных компонент в различные конфигурации КА.

На этапе проектирования проектант заполняет информацию о БПО изделия. Зачастую в процессе работы возникает потребность в заимствовании существующих объектов из проектных архивов. Это позволяет повысить эффективность труда и снизить количество возможных ошибок. Однако для поддержания целостности архитектурной конфигурации, необходимо убедиться, что заимствованный программный компонент удовлетворяет требованиям адресата и не оказывает негативного эффекта на компоненты всего архитектурного проекта БПО.

Реализация следующих функций позволит повысить эффективность труда проектантов, уменьшит вероятность ошибки ввиду автоматизации рутинных задач.

В данной работе рассматривается реализация следующих возможностей:

1. хранение объектов;
2. копирование объектов;
3. сравнение объектов;
4. поиск вхождения выбранного объекта в составе существующих конфигураций.

# 1 Анализ предметной области

## 1.1 Этапы разработки БПО

Цикл разработки бортового программного обеспечения включает в себя множество этапов, а именно:

1. определение требований к БПО;
2. архитектурное проектирование;
3. разработка и автономное тестирование (АТ) программного обеспечения (ПО);
4. интеграция БПО;
5. системное тестирование (СТ) ПО систем;
6. СТ БПО;
7. изготовление БПО.

Каждый из этапов строго регламентирован и имеет ответственное лицо.

Изначально отделом по вопросам разработки ПО формируется документ исходных данных логики функционирования космического аппарата. Данный документ определяет назначение, поведение, логику и требования к КА. На основании документа определяется структура и требования к БПО, доставляется программная документация на ПО, используемое в процессе создания БПО и поставляемая внешними организациями. Выполняются действия по определению состава, аппаратно-программной среды функционирования, требований и интерфейсов БПО. Распределяются ресурсы бортового компьютера (БК) (памяти, машинного времени) и программных ресурсов (телеметрия и др.). Детализируются и уточняются требования для конкретного КА, для которого разрабатывается БПО. Результатом работы будет документ исходных данных (ИД) на БПО.

Следующим этапом является архитектурное проектирование БПО, в процессе которого идет определение функциональных и нефункциональных требований к программному обеспечению систем входящих в состав конкретного космического аппарата. Также определяются компоненты ПО

систем, их функции, интерфейсы и логика функционирования. Распределяются ресурсы, имеющиеся у КА между его системами, а в последствии и программами. Выполняется оценка реализуемости набора программ каждой системы и уточняются требования, предъявляемые к ним. Фактически проводится детализированное описание составляющих частей БПО. В результате обновляется документ ИС на БПО и формируется совокупность документов архитектурного проекта для каждой системы, имеющей ПО в своем составе.

Разработка БПО распределена по отделам. Каждый такой отдел получает документацию с предыдущего этапа по программе, которую необходимо реализовать. Разработка происходит в условиях точно разграниченных ресурсов БК, соответственно необходимо точно и детально проектировать целевую программу и ее модули. Для того чтобы убедиться, что реализация точна и отвечает всем требованиям, также проводится проектирование процесса тестирования программы, разрабатывается пакет заданий для тестирования, получают эксплуатационные характеристики программ и выполняется контроль на соответствие проектным соглашениям. Также выполняются программирование модулей входных данных для ПО систем и подготовка ПО к сборке и интеграции в БПО. Результатами являются исходный код компонент программного обеспечения систем на языке программирования, описания программ, программа методики автономного тестирования и пакеты заданий для них, результирующие значения эксплуатационных характеристик программ, файлы и модели необходимые для проведения АТ.

Этап интеграции бортового программного обеспечения служит для получения исполняемого кода, проведения системного тестирования и тестирования интеграции БПО. Выполняются следующие действия:

- сборка БПО, т. е. объединение компонентов ПО систем и получение исполнимого кода БПО;

- тестирование интеграции, выявление ошибок и несоответствий в связях между компонентами БПО (например, перекрытие распределенной памяти);

- документирование результатов сборки.

В результате получается исполнимый код БПО.

Системное тестирование делится на два этапа:

- СТ для систем БПО;

- СТ для БПО.

В процессе СТ систем БПО производится проектирование процесса системного тестирования и разработка программ и методик (ПМ) системного тестирования систем в различных режимах работы КА. Также разрабатываются процедуры автоматизированного проведения СТ на основе ПМ и тестирование и отладка на наземном отладочном комплексе (НОК). Который представляет из себя стенд с реальным оборудованием или рабочую виртуальную модель.

Системное тестирование БПО состоит из тех же действий что и СТ систем БПО, однако в данном случае уделяется особое внимание поведению всего КА в целом. Дополнительно проводится сквозной прогон штатных и аварийных режимов КА. Тестированию подвергается не только функциональная часть БПО, но и связи между обеспечивающие обмен информацией между средой выполнения и ПО БКУ.

Заключительным этапом разработки БПО КА является – изготовление БПО КА. Работа начинается с исполнимого кода БПО прошедшего этап СТ. На данном этапе выполняется выпуск итоговой документации разработки БПО и подготовка, а также изготовление штатных машинных носителей БПО.

В конечном счете результатом разработки БПО является совокупность документов БПО, полученных в процессе разработки, также информация о КА в виде документа «Ведомость магнитного носителя записи» (МНЗ) которая прошивается в ППЗУ БК.

Следующими этапами являются – сопровождение и обеспечение качества БПО.

В данной работе основное внимание уделено автоматизации процессов архитектурного проектирования БПО ввиду наибольшего положительного эффекта, оказываемого на всю разработку в целом.

## **1.2 Архитектурное проектирование**

В процессе архитектурного проектирования, в соответствии с документом ИД ЛФ на БПО производятся следующие действия:

- определение функциональных и иных требований к ПО систем;
- определение компонент ПО систем:
  - а) определение функций и интерфейсов компонент ПО систем;
  - б) определение логики работы компонент;
- уточнение требований к ПО систем:
  - а) уточнение требований по функционированию ПО систем;
  - б) уточнение межсистемных программных интерфейсов;
  - в) уточнение распределения ресурсов БК и программных ресурсов БКУ;
- уточнение требований по верификации и подтверждению БПО.

Каждое программное обеспечение, используемое в системе, состоит из компонент. Компонента в свою очередь является программной реализацией некоторой функции или задачи. Соответственно на этапе архитектурного проектирования также формируется состав компонент программы, набор интерфейсов и логика ее работы.

В соответствии со стандартом предприятия каждой программе соответствует одно или несколько функциональных требований. Благодаря которым в последствии происходит сверка и тестирование. Функциональное требование может иметь иерархичный вид ввиду декомпозиции сложных требований на более простые.

Каждому программному элементу для осуществления заложенной в него функциональности необходимы вычислительные ресурсы, такие как:

- память;
- машинное время.

Данные ресурсы являются частью КА и впоследствии распределяются по системам.

Предметная область разработки такова, что для обеспечения надежности необходимо распределять такой ресурс как память поадресно для каждой системы или программы. Данный ресурс является общим для всех функциональных элементов КА, следовательно диапазоны выделяемых адресов для целевых элементов располагаются последовательно на диапазоне всей памяти КА. Тогда при разработке архитектурного проекта БПО необходимо распределить имеющуюся память КА для всех требующих ее элементов. То есть происходит уточнение ресурсов, выделенных на КА, среди систем и программ.

Сопровождение архитектурных проектов представляет собой внесение изменений в существующие конфигурации проекта и учет объектов конфигурации в разных изделиях.

Исторически, на первых порах, разработка архитектурных проектов велась проектантами на бумаге с вычислением необходимых значений вручную. С появлением инструментов по обработке данных, например Microsoft Excel, при разработке архитектурного проекта начали применяться данные средства. Изменились представления данных, частично автоматизировалась работа с вычислением зависимых значений. Однако проектант не всегда может точно предсказать количество ресурсов необходимое для корректной работы программы системы. Первичное распределение ресурсов может быть ошибочно, тогда отдел по разработке ПО уведомляет проектанта, о необходимости изменить существующее распределение ресурсов в архитектурном проекте для необходимого ПО. Когда проектант вносит изменения, то в независимости от их характера необходимо уточнить распределение ресурсов для всех остальных систем и программ. В настоящее время уточнение и пересчет распределения ресурсов осуществляется в ручном режиме.

Зачастую возникает потребность в определении числа архитектурных объектов, заимствованных из существующих проектов, а также то насколько они различаются. При полу автоматизированном подходе, поиск и сравнение таких

объектов осуществляется вручную и занимает значительное время, а также не исключает вероятность ошибки.

### **1.3 Назначение и состав САПР БПО**

Жизненный цикл проектирования и сопровождения бортового программного обеспечения является сложным итеративным процессом, состоящим из большого количества этапов. Повышение эффективности данных процессов в условиях длительного сопровождения БПО и сжатых сроков создания спутников является важной задачей. На каждом этапе проектировщикам БПО требуется обрабатывать и хранить большое количество информации об изделиях, требованиях, наборах компонент, интерфейсах, параметрах и взаимосвязях.

Система автоматизированного проектирования бортового программного обеспечения (далее САПР БПО) должна выполнять роль информационной системы, хранящей совокупность данных об изделии, требуемых проектанту на этапах определения требований, архитектурного проектирования, тестирования и сопровождения.

САПР БПО должна решать задачи систематизации проектных данных об изделиях, а также задачи хранения, извлечения и изменения данных об объектах, участвующих в процессе проектирования и сопровождения БПО. Система повысит скорость повторного использования информации за счет обеспечения доступа к данным ранее выполненных проектов, а также упростит процесс внесения изменений на схожих изделиях на этапе сопровождения. Одной из задач САПР БПО является автоматизированное формирование отчетной документации. Проектанту достаточно поддерживать корректную и актуальную версию проектных данных в информационной системе для быстрой генерации документов.

САПР БПО реализована на основе трёхзвенной архитектуры, которая свойственна большинству информационных систем. Согласно данной архитектуре, предполагается наличие трёх компонентов: клиентского приложения, сервера приложений и сервера базы данных, с которым работает

сервер приложений. Клиент представляет собой приложение с графическим интерфейсом, разработанным на платформе .NET с использованием технологии WPF. Сервер приложений реализован в виде набора WCF сервисов на платформе .NET и содержит в себе большую часть бизнес-логики. Сервер базы данных обеспечивает хранение данных и представляет собой реляционную СУБД Microsoft SQL Server 2014. На рисунке 1 представлено схематичное представление трехзвенной архитектуры.

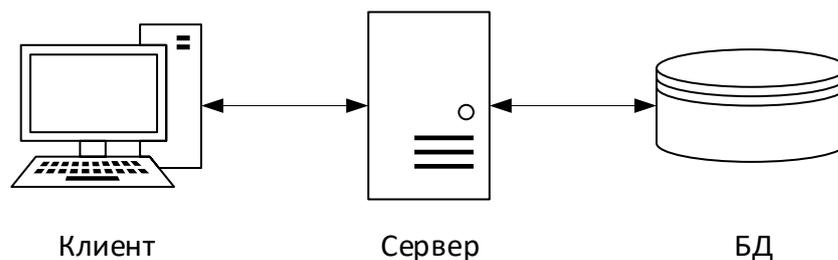


Рисунок 1.1 - Трехзвенная архитектура

Основные объекты информационной системы – это сложно-структурированные иерархические данные, описывающие БПО, количество которых на каждое изделие достигает 500 тысяч. В связи с этим важнейшей задачей становится обеспечение быстродействия программного продукта при работе с большими объемами данных, а также обеспечение быстрого поиска по атрибутам и выявление зависимостей между объектами. Большинство объектов системы состоят из двух частей: унифицированной и неунифицированной; механизм разделения объектов на эти части позволит обеспечить реализацию заимствования объектов.

Особенность разработки БПО сводится к тому, что кроме процесса создания компонент и управления конфигурацией разрабатываемого ПО необходимо:

1. распределять ресурсы на этапе проектирования на уровне изделия в зависимости от вычислительной платформы, а также обеспечивать контроль фактически используемых ресурсов по окончании разработки ПО;
2. выполнять автоматизированную генерацию выходных данных в формате проектной документации на основе данных, находящихся в САПР БПО;

3. формировать функциональные требования, распределять данные требования по компонентам и обеспечивать проверку «закрытия» данных требований компонентами при помощи набора тестовых данных;

4. формировать тестовые данные в зависимости от набора функциональных требований, выделенных ресурсов на программы и компоненты, а также вычислительной платформы и изделия;

5. обеспечивать контроль соответствия одних и тех же данных, отражаемых в различных документах, формируемых в процесс жизненного цикла БПО.

В качестве базовой архитектуры САПР БПО используется трехзвенная архитектура. Ниже приведены ее отличительные особенности.

Трехзвенная архитектура:

- масштабируемость – возможность расширять количество пользователей информационной системы, пропорционально увеличению ресурсов сервера;

- конфигурируемость – изолированность уровней друг от друга, что позволяет быстро и простыми средствами переконфигурировать систему при возникновении сбоев или при плановом обслуживании на одном из уровней;

- высокая безопасность -возможность обеспечения более тонкого контроля безопасности всей системы, применяя различные подходы на каждом уровне;

- отказоустойчивость – использование физического разделения уровней позволяет снизить вероятность нарушения функционирования всей системы;

- низкие требования к скорости канала (сети) между клиентами и сервером приложений;

- низкие требования к производительности и техническим характеристикам клиентов;

- невозможность локальной работы (необходимо постоянное подключение к серверу).

В рамках СУБД выбрана Microsoft SQL Server 2014 являющаяся на данный момент одной из самых популярных СУБД, позволяющая обеспечить весь требуемый функционал по хранению и доступу к данным системы, автоматизированной проектирования БПО.

Для реализации взаимодействия с базой данных, работающей под управлением MS SQL Server 2014, используется рекомендованная корпорацией Microsoft технология ADO.NET Entity Framework (EF). EF – это объектно-реляционный модуль сопоставления, являющийся Object-Relational Mapping (ORM) решением для .NET платформы [1]. EF позволяет разработчикам .NET работать с реляционными данными с помощью объектов, специализированных для доменов. Это устраняет необходимость в написания большей части кода для доступа к данным, который обычно требуется разработчикам, а также обеспечивает большую надежность работы приложения. EF предоставляет возможность взаимодействия с объектами посредством LINQ (Language Integrated Query) в виде LINQ to Entities. Если сравнивать данное ORM-решение с другими, например, NHibernate, то основным преимуществом EF является наличие визуального редактора связей. Основные показатели производительности данных ORM-решений находятся приблизительно на одном уровне.

Бизнес-логика, заложенная в систему автоматизированного проектирования, реализована в виде dll-библиотек, разработанных на платформе Microsoft .NET. Данный уровень выполняет основные операции, производит вычисления и расчёты. На этом уровне обрабатываются, и интерпретируется нужным образом данные из других слоёв. Для преобразования данных из доменной модели, единой для всего приложения, в объекты для передачи данных (DTO – Data Transfer Objects), используется библиотека AutoMapper.

Для реализации сервисов приложения используется фреймворк Windows Communication Foundation (WCF). WCF является частью платформы Microsoft .NET и используется для обмена данными между приложениями. WCF делает возможным построение безопасных и надёжных транзакционных систем через

упрощённую унифицированную программную модель межплатформенного взаимодействия. Созданные с использованием WCF службы, размещаются на сервере с использованием Internet Information Services (IIS).

Для разработки графического интерфейса приложения используется технология WPF – Windows Presentation Foundation. Это презентационная система в составе .NET Framework использующая язык разметки XAML, который представляет собой XML, в котором фактически реализованы классы .NET Framework. Разработка интерфейса проводится согласно руководству Microsoft User Experience Interaction Guidelines, который описывает принципы построения пользовательских приложений и интерфейсов для Windows.

Основным шаблоном проектирования приложения, используемым при разработке клиентской части САПР БПО является шаблон Model-View-ViewModel (MVVM). MVVM используется для разделения модели данных и её представления, для обеспечения их независимости друг от друга. MVVM удобно использовать в тех случаях, когда в платформе, на которой ведётся разработка, присутствует «связывание данных».

#### **1.4 Постановка задачи**

В состав электронного архива БПО входят архивы программ БПО, изделий БПО и архивы распорядительного документооборота. Используя принцип «аналогии», архивы программ и изделий позволяют автоматизировать даже первые этапы разработки БПО – этапы определения требований и архитектурного проектирования. Для полной автоматизации этих процессов в ОАО «ИСС» предназначены работы по созданию и внедрению в состав ТКПП БПО САПР БПО [2].

Процесс проектирования БПО упрощается благодаря возможности повторного использования информации из документации по уже выполненным проектам. Однако способы извлечения информации не изменяются и остаются на выбор проектанта. Отсутствие стандартных механизмов по работе с существующей архитектурной информацией значительно снижает время разработки и повышает сложность сопровождения архитектурного проекта.

В процессе архитектурного формирования БПО при повторном воспроизведении информации из существующих архитектурных проектов возникает необходимость принятия решения о заимствовании исходя из содержания информационного объекта. Под содержанием понимается набор значащих атрибутов, напрямую описывающих объект архитектурного проекта. Для выяснения различий между объектами проектант в ручном или полуавтоматизированном режиме сравнивает выбранные объекты, что негативно сказывается на времени разработке всего проекта БПО.

Сопровождение уже разработанных проектов осуществляется на протяжении всего жизненного цикла БПО. А так как разрабатываемые архитектурные проекты могут заимствовать существующие объекты сопровождаемого проекта, то это приводит к распространению существующих ошибок в новые архитектурные проекты БПО. Данную проблему решает механизм, отслеживающий скопированные объекты и обеспечивающий возможность выстроить необходимые связи.

В процессе проектирования архитектурного проекта БПО изделия участвуют более 40 типов программных объектов, а их суммарное количество на одно изделие может достигать миллиона [3]. Данное обстоятельство повышает необходимость реализации поиска объектов по имени в изделиях, так как это существенно повысит эффективность труда проектантов.

В соответствии с описанными проблемами требуется разработать прототип САПР БПО, в рамках договора по модернизации возможностей системы, для выполнения задач:

- поиска информационных объектов в заданном наборе изделий;
- сравнения информационных объектов САПР БПО;
- копирования информационных объектов с созданием связи между оригинальным и скопированным объектом.

## **2 Разработка механизмов хранения и управления**

В контексте разработки прототипа САПР БПО механизм хранения есть схема базы данных, определяющая отношения между таблицами, их структуру и

состав. Данные характеристики напрямую влияют гибкость спроектированной схемы, простоту работы с ней и точность отображения объектов предметной области.

Механизм управления представляет собой набор операций по управлению архитектурной информацией проекта. Позволяют снизить вероятность ошибки при проектировании, повысить скорость и надежность разработки. В прототипе САПР БПО реализованы следующие операции:

1. поиск объектов;
2. сравнение двух и более объектов;
3. копирование объекта.

## **2.1 Механизм хранения**

Механизм хранения реализован с использованием реляционной базы данных *Microsoft SQL Server 2014*. При проектировании использовалась модель *Code First* предоставляющая удобный пользовательский интерфейс и высокую гибкость без необходимости использования системы управления базами данных (СУБД). Ввиду использования подхода *Code First* структуру базы данных возможно описать с помощью доменной модели самого приложения.

### **2.1.1 Доменная модель**

Относительно распределения ресурсов КА архитектурный проект БПО состоит из следующей иерархии информационных объектов:

- изделие (satellite);
- система (system);
- программа (program).

В соответствии с этим структура базы данных также разделена на три соответствующих уровня (рисунок 2.1).

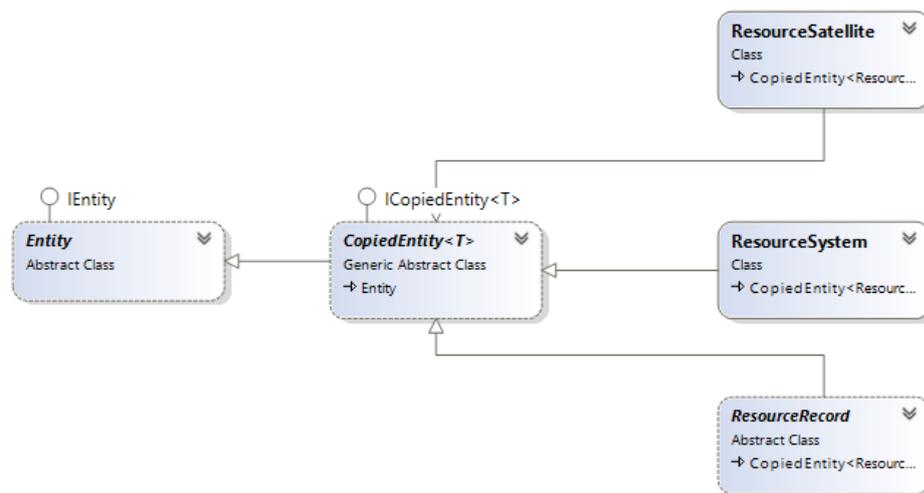


Рисунок 2.1 – Иерархия уровней объектов предметной области

Каждый уровень содержит свой набор доступных ему ресурсов. Такая структура полностью соответствует иерархии объектов предметной области, позволяет контролировать состав информационных объектов и обеспечивает необходимый уровень гибкости (рисунок 2.2). Такая структура отношений между базовыми таблицами уровней иерархии позволяет отслеживать копирование объектов не в общей для всех записей таблице, а в отдельной для каждого уровня. Такой подход увеличивает скорость выполнения восстановления связей между скопированными объектами.

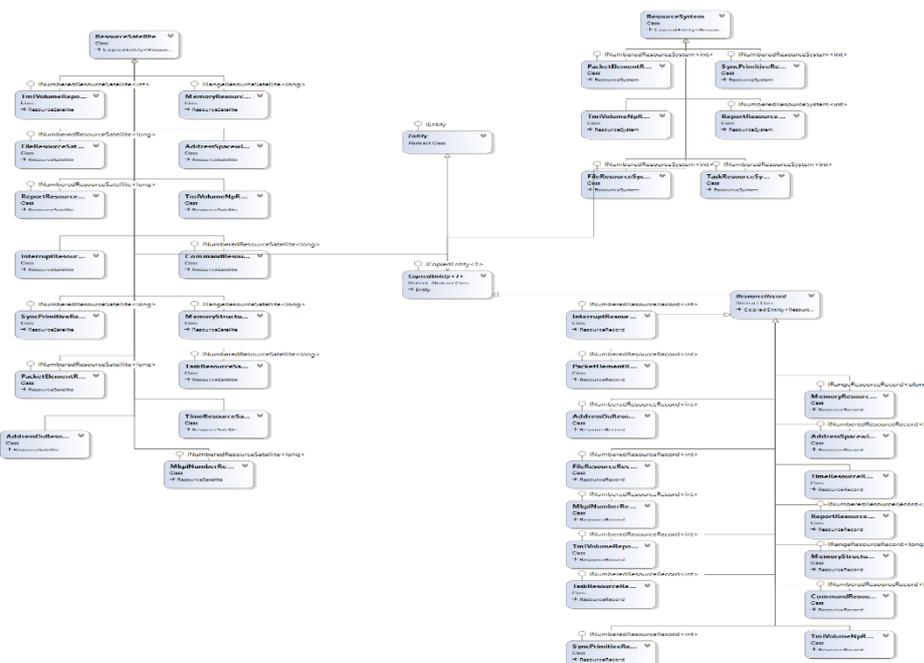


Рисунок 2.2 – Набор ресурсов для каждого уровня иерархии

Доступ к данным осуществляется с помощью контекста, специально созданного для каждой таблицы. Контекст является лишь способом выполнения операций над соответствующей таблицей.

Обобщенным сервис-классом для каждого контекста данных является класс *Repository*. Данный класс реализует следующие операции по работе с сущностями соответствующими записями таблиц:

- добавление сущности;
- обновление существующей сущности;
- получение сущности по уникальному идентификатору;
- получение все сущностей таблицы;
- удаление сущности по идентификатору.

## **2.2 Механизм управления**

Механизм управления реализован в виде WCF класса серверного приложения. Это позволяет не перегружать клиентское приложение излишней логикой.

### **2.2.1 Связь данных между собой**

Каждый информационный объект системы автоматизированного проектирования бортового программного обеспечения обладает уникальным атрибутом в рамках одного изделия – названием. Данный атрибут является ключевым при выполнении операции сравнения объектов. Каждый скопированный объект связан с оригинальным через атрибут *parentId*. Набор связей допускает наличие объектов с одинаковым названием только при условии расположения таких объектов в различных изделиях.

Структура базы данных также имеет общую таблицу для каждого информационного объекта любого уровня иерархии, а именно - *ResourceRecord*. Такой способ организации таблиц открывает перспективы к реализации будущих операций над связями между объектами различных уровней.

## **2.2.2 Операции над объектами с использованием связей**

В целях экономии нагрузки на сеть и уменьшения потребляемых ресурсов персонального компьютера в прикладной программе САПР БПО реализована загрузка по требованию.

Загрузка по требованию – это техника, которая откладывает загрузку не критичных ресурсов во время загрузки страницы. Как правило, такие не критичные ресурсы загружаются в момент, когда они действительно нужны [4].

Преимущества использования данного подхода заключаются в экономии вычислительных ресурсов компьютера и снижения времени загрузки всего приложения.

Так как все данные хранятся на удаленном сервере, то факт использования загрузки по требованию снижает скорость выполнения операций по манипулированию ресурсами, прежде всего потому, что сначала их необходимо выбрать из соответствующих источников, и только потом произвести над ними требуемую операцию.

### **2.2.2.1 Поиск объектов**

Поиск – обработка некоторого множества данных, с целью выявления некоторого подмножества, соответствующего критериям поиска.

В САПР БПО операция поиска позволяет осуществлять выбор объекта соответствующего заданным критериям поиска для различных типов объектов. В данной работе рассмотрены 3 вида операций поиска:

1. поиск объекта по имени (в рамках одного изделия);
2. поиск использования объекта в изделии;
3. поиск резервов в объектах выбранного типа одного или более изделий.

Поиск объектов осуществляется с помощью соответствующего объекту типа сервисного класса. Такие классы с помощью методов реализуют работу по получению требуемых сущностей из источников данных. Также каждый такой класс является наследником более общего класса, а именно – ServiceBase, диаграмма классов которого представлена на рисунке 2.3.

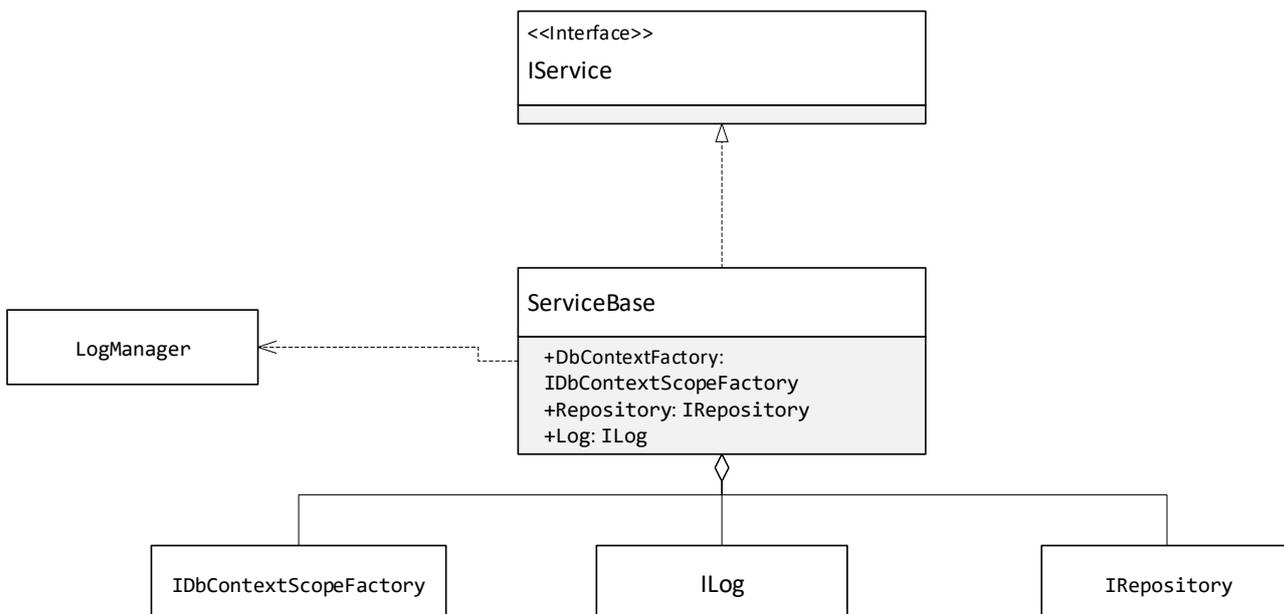


Рисунок 2.3 – Класс ServiceBase

ServiceBase является реализацией интерфейса IServiceBase. Наличие интерфейса дает возможность использовать несколько различных реализаций незаметно для его пользователя.

С помощью свойства класса DbContextFactory разработчик получает доступ для нужного типа контекста обращения в базе данных через ORM.

Свойство Repository предоставляет доступ для базовых операций работы с базой данных, таких как:

- обновление;
- удаление;
- добавление.

Свойство Log дает доступ до класса логирования.

#### 2.2.2.1.1 Поиск объекта по имени

Поиск объекта по имени позволяет осуществлять быстрый переход по дереву выбранного изделия к требуемому объекту. Данный вид поиска применяется ко всем изделиям доступным пользователю и осуществляется с помощью сервиса SearchService. На рисунке 2.4 представлена диаграмма последовательности алгоритма работы поиска.

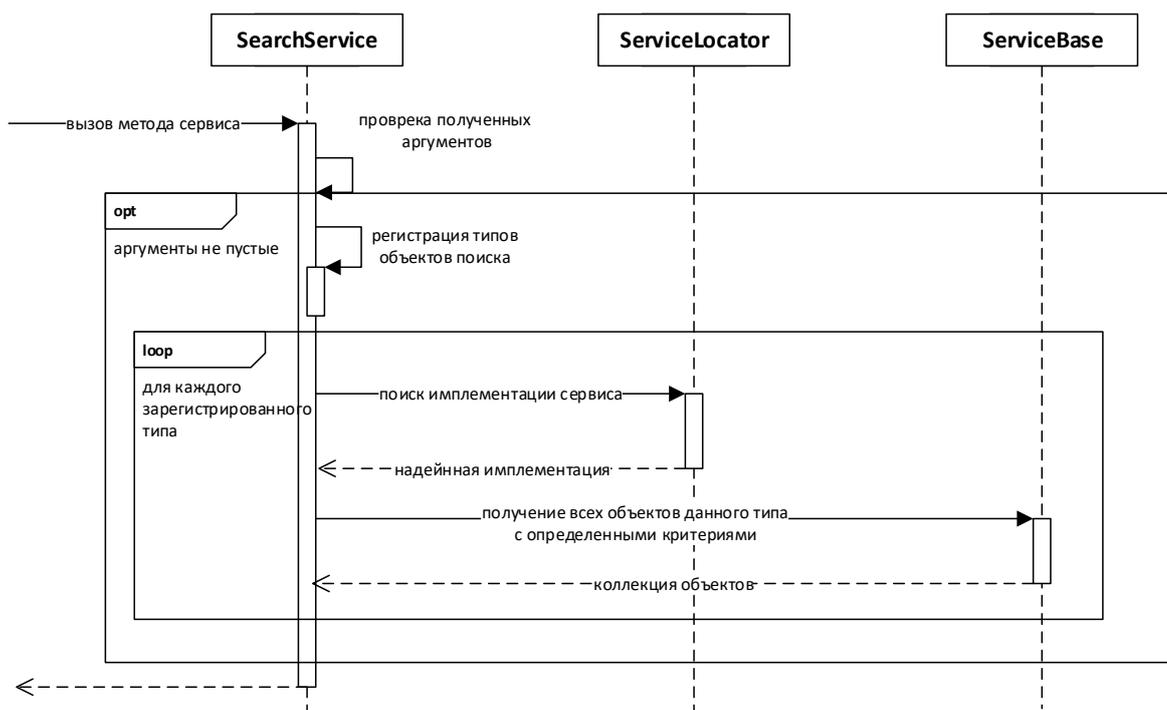


Рисунок 2.4 – Алгоритм поиска объектов с заданными критериями

### 2.2.2.1.2 Поиск использования объекта в изделии

Данный вид поиска позволяет находить объекты, с которым связан выбранный объект.

Для корректного функционирования поиска необходимо предварительно произвести настройку карты соответствий между выбранным пользователем типом объекта и логически связанным с ним типом. Также при регистрации необходимо указать ограничение на поиск. Параметр ограничения может принимать следующие значения:

- только в выбранном объекте типа изделие;
- во всех объекта типа изделие;
- в введенных объектах.

Данный метод является членом класса SearchService и позволяет искать связанные с выбранным объектом сущности.

На рисунке 2.5 продемонстрирован алгоритм поиска всех изделий, где есть система выбранного типа.



Для осуществления поиска резервов в штучных ресурсах указывается тип целевого штучного ресурса, требуемое количество подряд идущих резервов и набор изделий, в которых необходимо осуществлять поиск.

Для поиска резервов в полях ТМИ необходимо задать количество подряд идущих резервов и источник в виде набора изделий. Поиск производится по всем системам заданных изделий.

Поиск резервов в командах осуществляется по всем системам указанных изделий. Входными параметрами являются требуемое количество подряд идущих резервов и список изделий.

Для осуществления такого поиска реализован метод – FindReserve класса SearchService. Для определения типа выполняемого поиска резервов введен дополнительный параметр – FindReserveOption, который также передается в метод. Списком доступных значений параметра FindReserveOption являются:

- NumberedResource;
- TmiResource;
- Commands.

Диаграмма последовательности, описывающая поиск резервов представлена на рисунке 2.6.

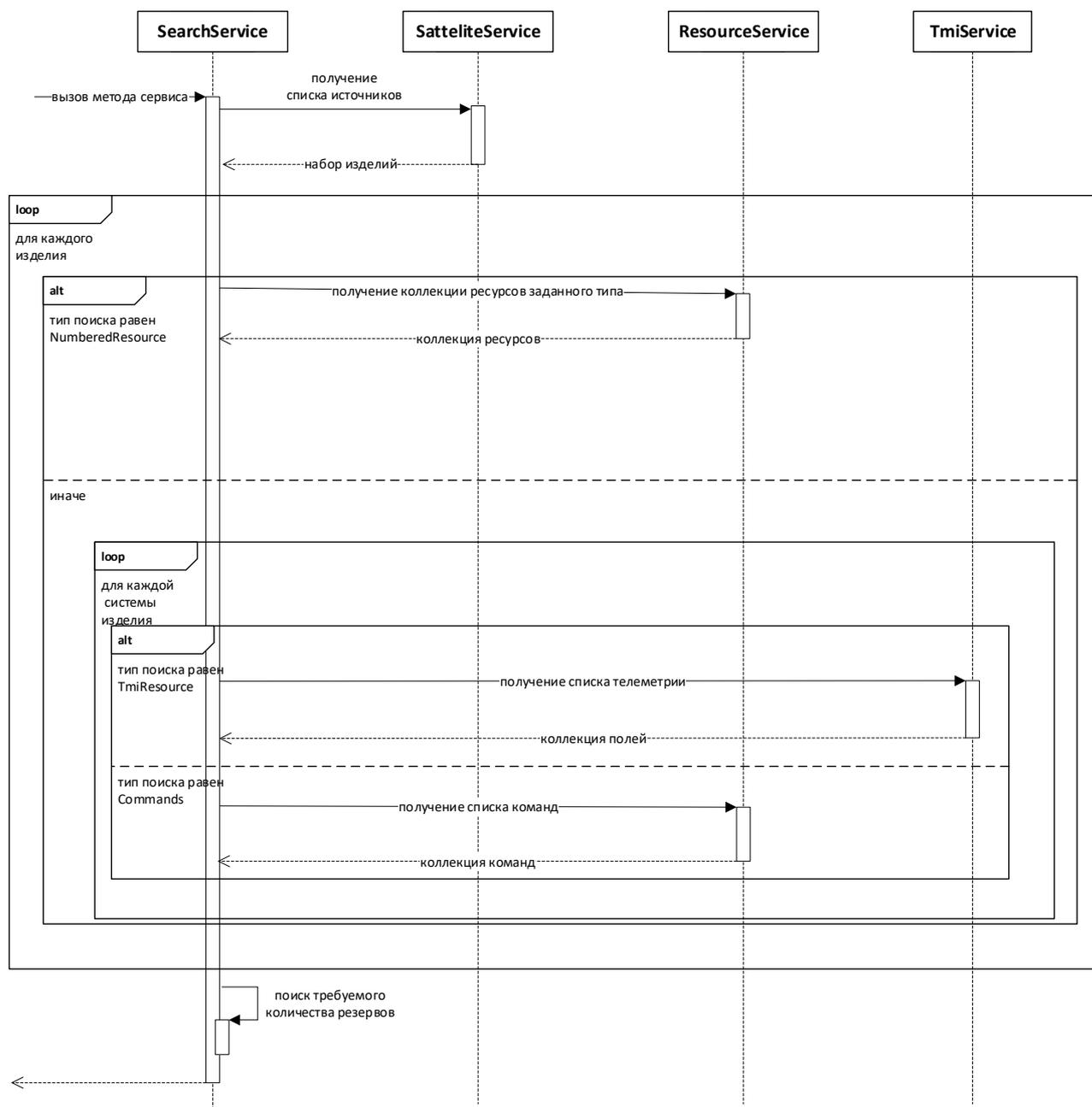


Рисунок 2.6 – Алгоритм поиска резервов

### 2.2.2.2 Сравнение объектов

Сравнение – операция поиска различий между объектами одного типа.

Два объекта одинаковы тогда и только тогда, когда равны все их атрибуты, без учета вложенных элементов. Сложные объекты являются составными и могут содержать в себе как сложные, так и простые объекты. Если один из дочерних элементов сложного объекта сравнения не равен аналогичному дочернему элементу стандарта сравнения, то результат операции является отрицательным, что говорит о различии объектов.

Идентификатором, на основании которого определяется факт того, что объекты должны быть равны или не равны, является свойство объекта - название.

Наивный способ реализации сравнения подразумевает поочередное сопоставление всех свойств элементов друг с другом. Сложность такого алгоритма  $O(n^k)$ , где  $k$  – количество объектов сравнения;  $n$  – количество свойств сравнения.

Так как типами объектов сравнения могут быть не только простые объекты без дочерних элементов, но и сложные составные объекты, то операция сравнения может потребовать значительное количество времени на вычисление результата. Для снижения нагрузки и уменьшения времени выполнения операции, в данной работе предложено использовать дополнительный атрибут для каждого объекта САПР БПО – ХЭШ. Хэш есть ограниченная некоторым размером строка, например 32 символа, которая является результатом выполнения некоторой односторонней функции хеширования. Хеширование производится над суммой значащих свойств объекта. Например:

$$\text{MD5}(\text{Знач1} + \text{Знач2} + \text{Знач3}) = 87\text{C98777D94F8F739343B59B7264829C}$$

Вычисление данного значения производится при создании и изменении объекта.

В последствии сравнение сложных объектов сводится к сравнению хэшей элементов, вместо сравнения каждого его свойства. Если хэши идентичны, следовательно можно утверждать, что объекты также равны и переходить к следующей паре. Если хэши различны, то необходимо перейти к сравнению свойств поочередно, дабы показать в чем различие детально.

Результатом выполнения операции является файл программы *Microsoft Excel* в формате *xlsx*, где объекты располагаются подряд с цветовым обозначением для добавленных, удаленных и различных значений свойств. Пример представлен в таблице 2.1.

стандарт сравнения	объект сравнения
изделие (Василёк-1)	изделие (Василёк-1)
ПО СЭП	ПО СЭП - отсутствует
	ПО СОС - добавленный
ПО БКУ	ПО БКУ
ПРОГРАММА управление задачами	ПРОГРАММА управление задачами
описание (свойство)	описание (свойство) - значение свойства отлично
версия (свойство)	версия (свойство)

Таблица 2.1 – Пример результата сравнения объектов одного типа

Одинаковые объекты не отмечаются цветом. В случае если один из дочерних объектов объекта сравнения отсутствует при выполнении операции, то такой объект помечается красным цветом с добавлением соответствующей пометки. Если объект сравнения обладает объектом, отсутствующим в стандарте сравнения, то такой объект помечается зеленым цветом и является добавленным. В случае же если структура объектов одинакова, но отличаются значения свойств, то такой объект отмечается синим цветом.

Позиции объектов и свойств в результирующем файле сохраняются для обеспечения удобного вида обработки результирующих данных пользователем.

Алгоритм работы сравнения представлен в виде диаграммы последовательности на рисунке 2.7.

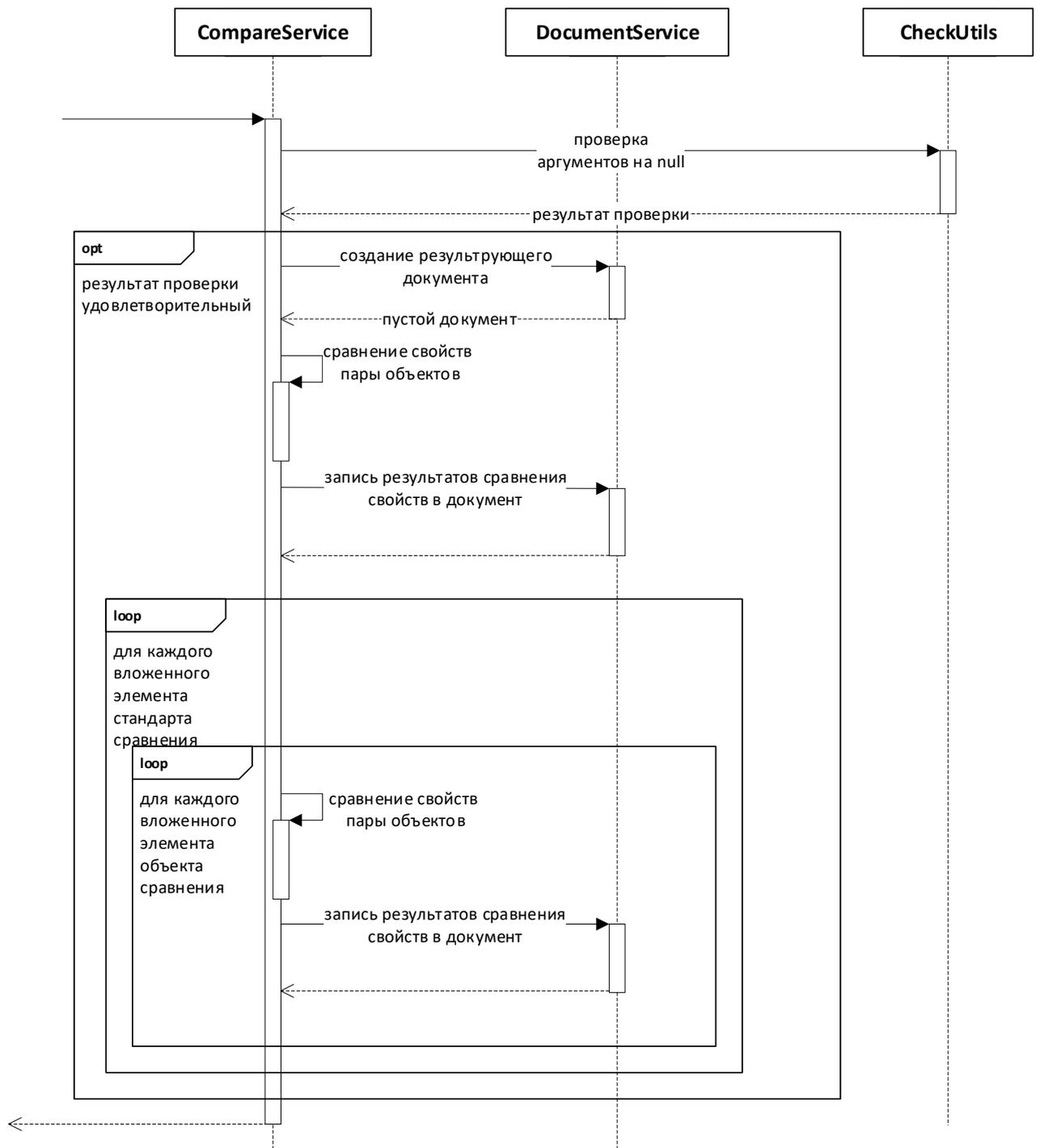


Рисунок 2.7 – Алгоритм сравнения двух объектов одного типа

### 2.2.2.3 Копирование объектов

Операция копирования предназначена для создания копии объекта, либо его частей в буфере обмена с последующей вставкой в целевой объект.

В процессе операции копирования также производится и копирование всех вложенных структур. К примеру, при копировании элемента изделия, также будут скопированы и вложенные объекты.

Механизм копирования реализован следующим образом: каждый объект архитектурного проекта имеет дополнительное поле *parentId*. Если объект не был скопирован, а создан вручную, то значение данного поля – *null*, иначе поле заполняется значением идентификатора исходного родителя объекта.

Операцию копирования поддерживают определенное количество объектов, каждый из них имеет специфичную только для него архитектурную конфигурацию, среди них:

- количество выделенных ресурсов;
- состав и структуру вложенных элементов;
- зависимости на внешние объекты (например, функциональные требования).

При копировании объекта адресат может не соответствовать требованиям копируемого объекта. Несмотря на то, что на каждый объект выделяются ресурсы с небольшим запасом, их может не хватить. Более того, так как ресурсы для каждого объекта определяются с точностью до адреса, штуки или позиции, копирование нового элемента потребует пересчета распределения всех ресурсов КА.

В соответствии с этим, процесс копирования состоит из двух этапов:

- 1) начало копирования – копирование объекта;
- 2) завершение копирования – первичная проверка на совместимость.

Первый этап выполняет фактическое копирование выбранного объекта.

Второй этап производит первичную проверку того, удовлетворяет ли целевой объект требованиям копируемого (наличие необходимых типов ресурсов), нет ли конфликтов при копировании (например, имена скопированных объектов), достаточно ли количество ресурсов требуемого типа.

Скопированный элемент является независимой копией и может изменяться безопасно, т. е. без создания любых эффектов на родительский объект. Однако ключевые поля типа ID должны быть сгенерированы заново, дабы не допустить конфликтов.

Диаграмма последовательности, описывающая алгоритм копирования объекта представлена на рисунке 2.8.

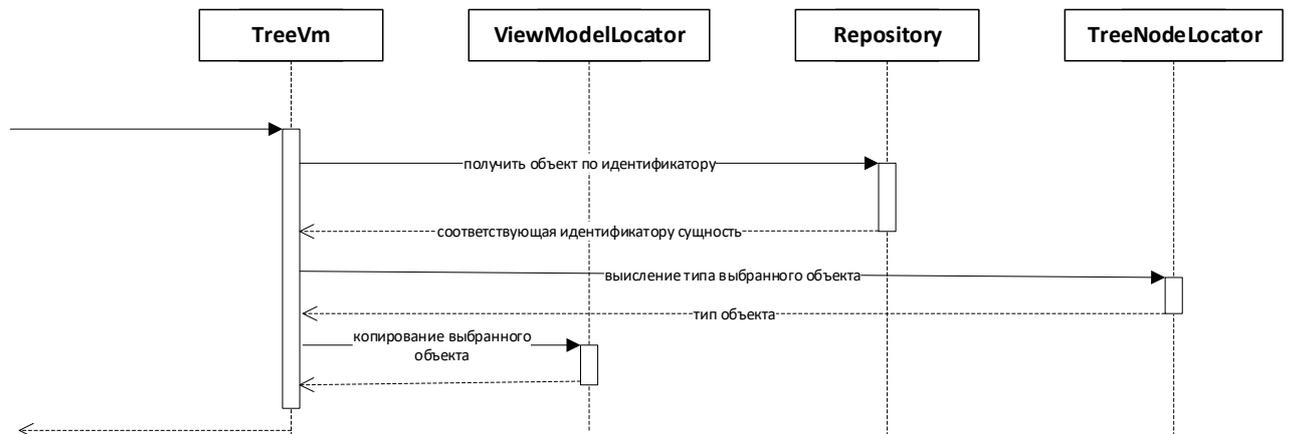


Рисунок 2.8 – Алгоритм копирования объекта

Диаграмма последовательности для алгоритма вставки представлена на рисунке 2.9.

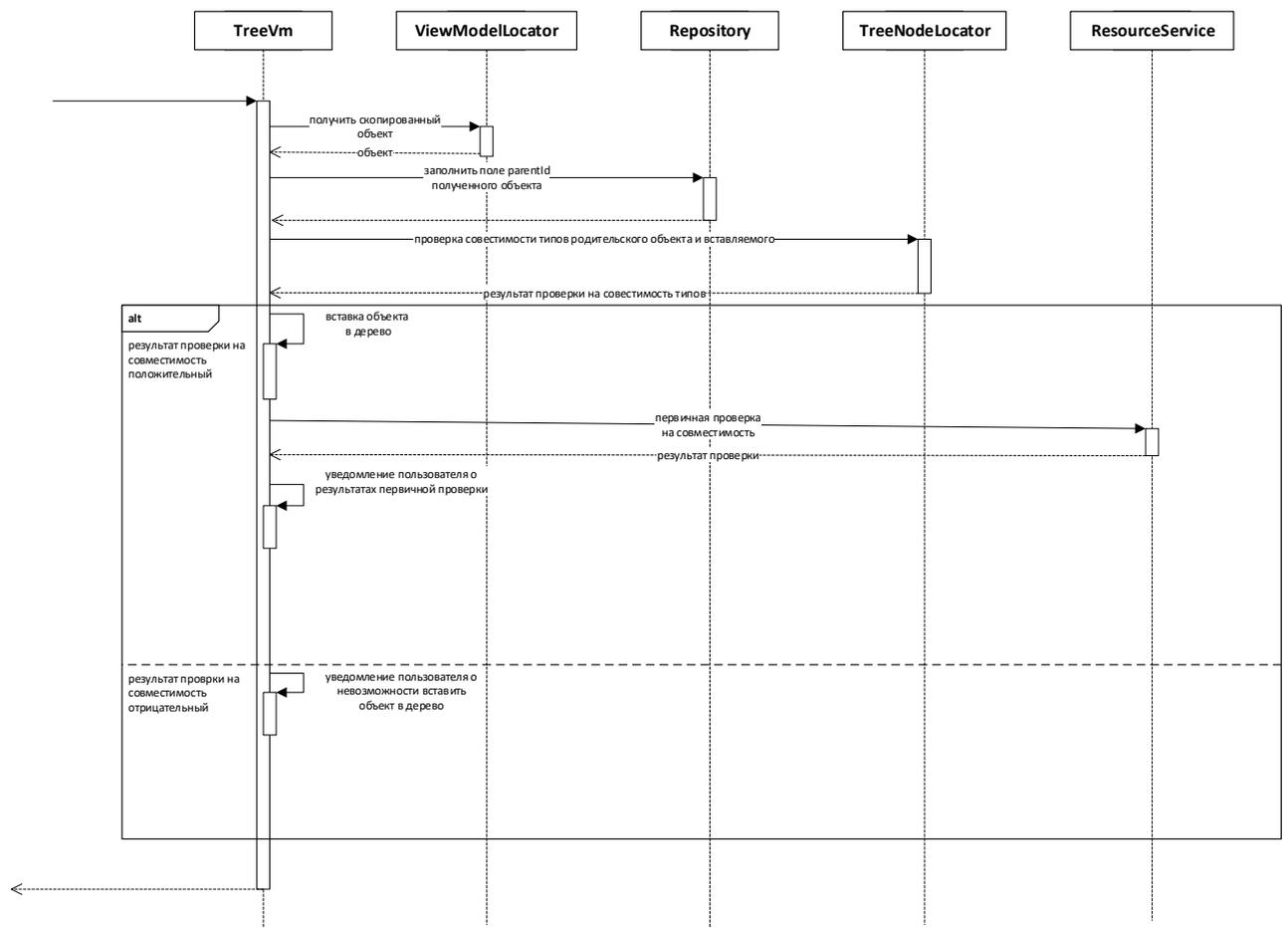


Рисунок 2.9 – Алгоритм вставки объекта

### 3 Тестирование прототипа САПР БПО

Целью тестирования является проверка корректности выполнения операций поиска, копирования и сравнения информационных объектов системы автоматизированного проектирования бортового программного обеспечения.

Тестирование проводится в ручном режиме, чтобы охватить все аспекты работы прототипа САПР БПО.

Входной точкой тестирования является пользовательский интерфейс клиентского приложения прототипа САПР БПО, получающий данные от сервера, который в свою очередь слой доступа к данным, реализуемый набором репозитория и технологией *Entity Framework*.

#### 3.1 Поиск объектов

##### 3.1.1 Поиск по имени

Для осуществления поиска по имени необходимо в левой части приложения в строке поиска набрать нужное имя информационного объекта. Результатом является список объектов чье имя содержит строку поиска (рисунок 3.1). Двойной клик по объекту позволит осуществить быстрый переход по дереву выбранного изделия к требуемому объекту.

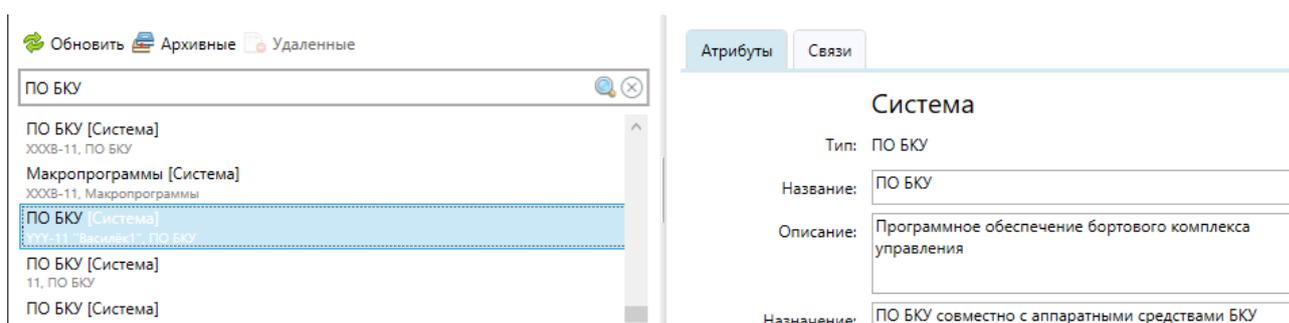


Рисунок 3.1 – Поиск объекта по имени по имени объекта

##### 3.1.2 Поиск использования объекта в изделии

Чтобы определить в каких изделии встречается выбранный объект необходимо выбрать в контекстном меню – найти использование (рисунок 3.2). Результатом является набор изделий, в котором встречается данный выбранный объект (рисунок 3.3).

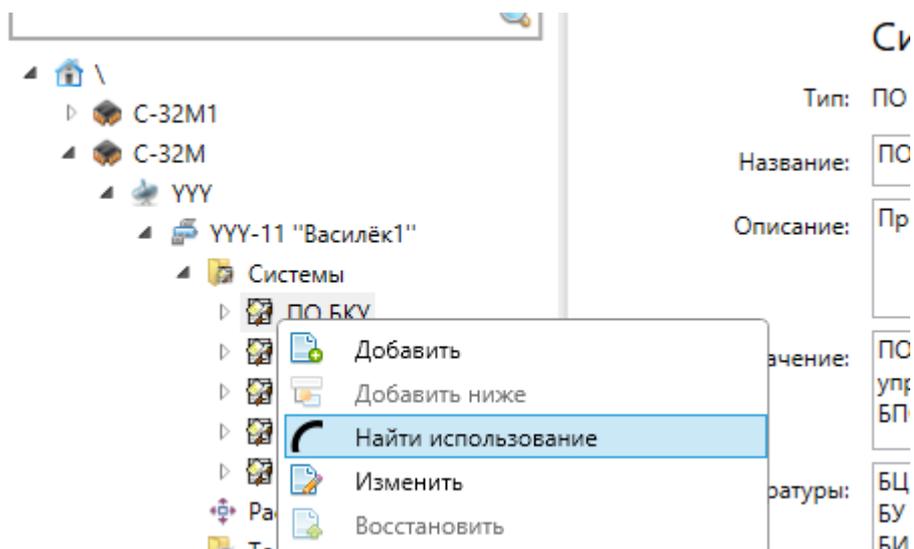


Рисунок 3.2 – Выбор пункта «Найти использование»

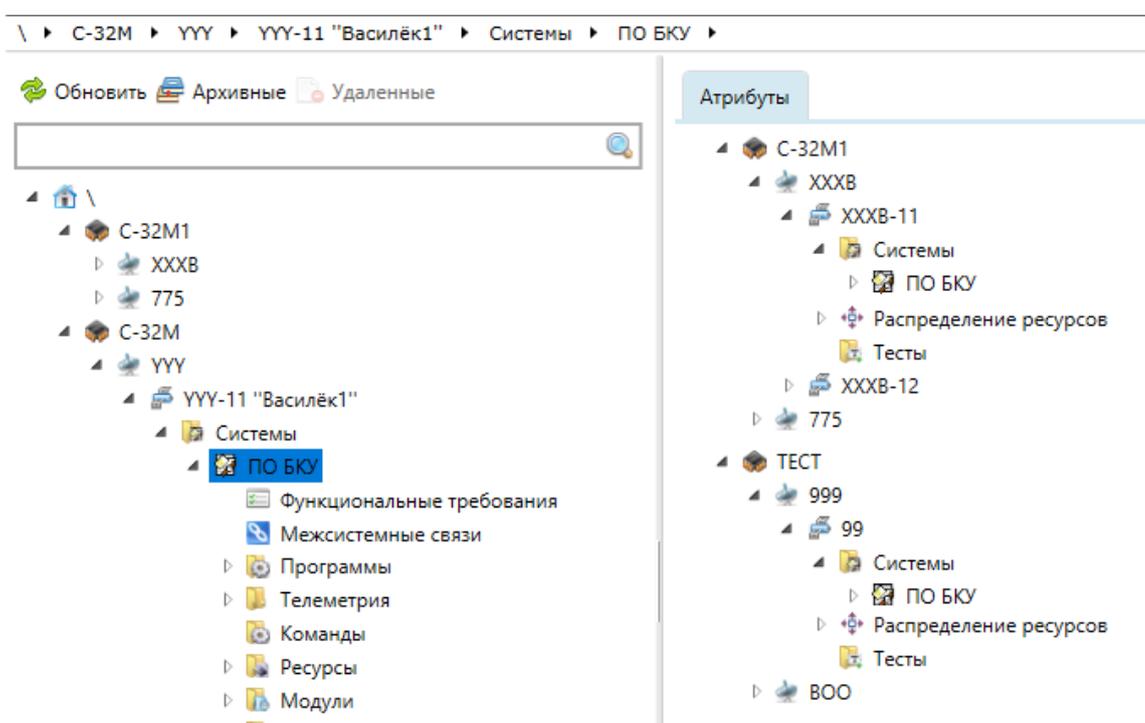


Рисунок 3.3 – Результат работы поиска всех связанных с выбранным сущностей

### 3.1.3 Поиск резервов

Для запуска поиска резервов необходимо открыть форму для заполнения. В форме пользователю необходимо ввести тип ресурса, для которого будет происходить поиск резервов, количество сквозных резервов и источники поиска (набор изделий) (рисунок 3.4). Результатом является таблица найденных ресурсов среди изделий.

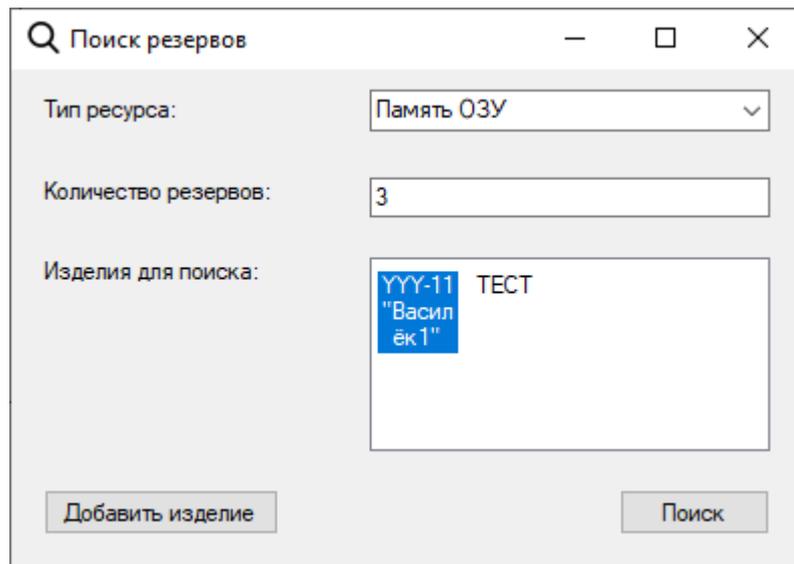


Рисунок 3.4 – Форма поиска резервов

### 3.2 Сравнение объектов

Добавление в лист сравнения происходит с помощью контекстного меню – добавить в сравнение (рисунок 3.5).

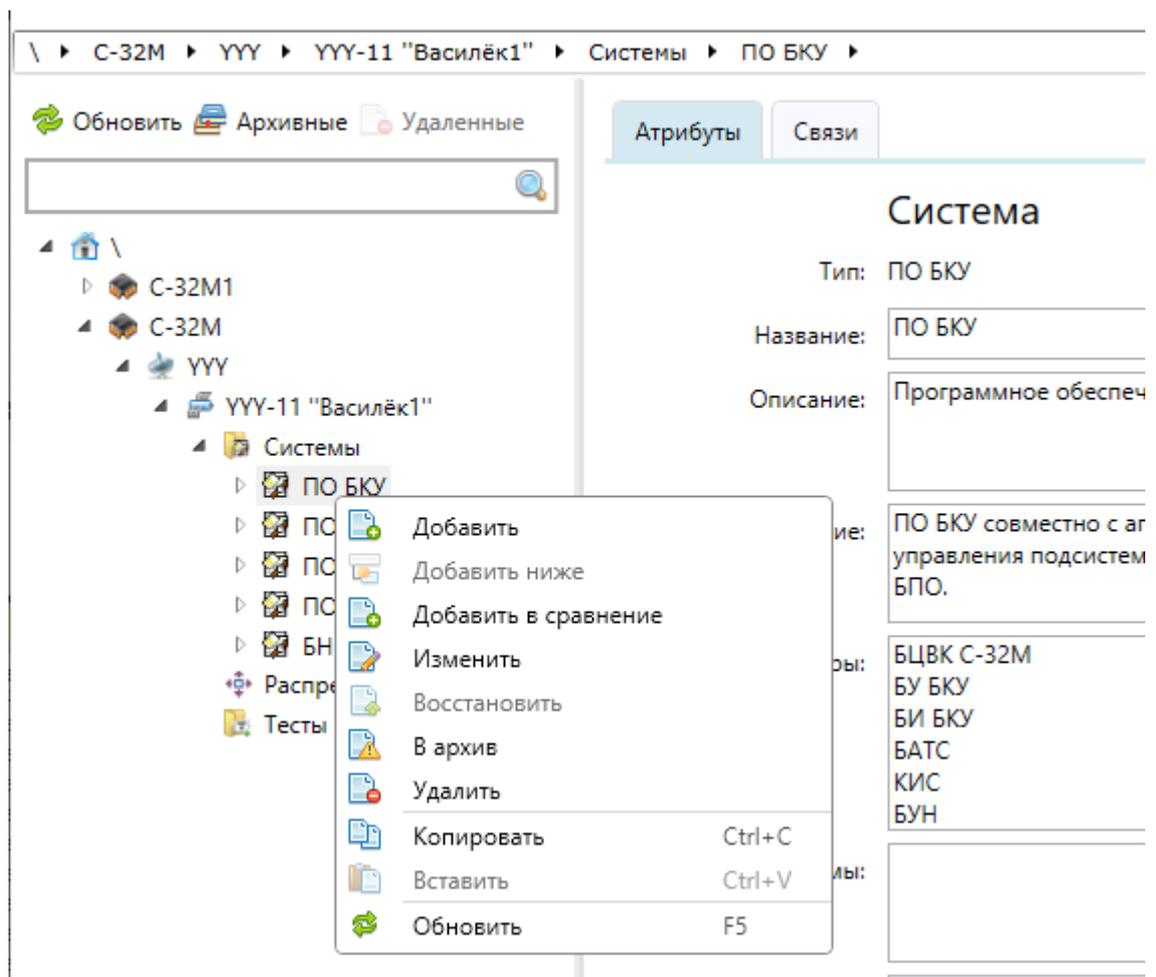


Рисунок 3.5 – Выбор пункта добавить в сравнение

Результатом операции сравнения является файла *Microsoft Excel* в форме *xsls* содержащий результаты сравнения. Пример представлен на рисунке 3.6.

D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R
<b>стандарт сравнения</b>							<b>объект сравнения</b>							
изделие (Василёк-1)							изделие (Василёк-1)							
ПО СЭП							ПО СЭП - отсутствует							
							ПО СОС - добавленный							
ПО БКУ							ПО БКУ							
ПРОГРАММА - управление задачами							ПРОГРАММА - управление задачами							
тестовое описание (свойство)							"- " значение свойства отлично							
тестовая версия (свойство)							тестовая версия (свойство)							

Рисунок 3.6 – Результат операции сравнения

### 3.3 Копирование объектов

Операция копирования информационного объекта фактически состоит из двух операций: копирования и вставки. Для выполнения данной операции необходимо в одном изделии выполнить копирование интересующего объекта (рисунок 3.7), а в другом вставить (рисунок 3.8). Адресат должен поддерживать тип скопированного объекта, иначе операция недоступна.

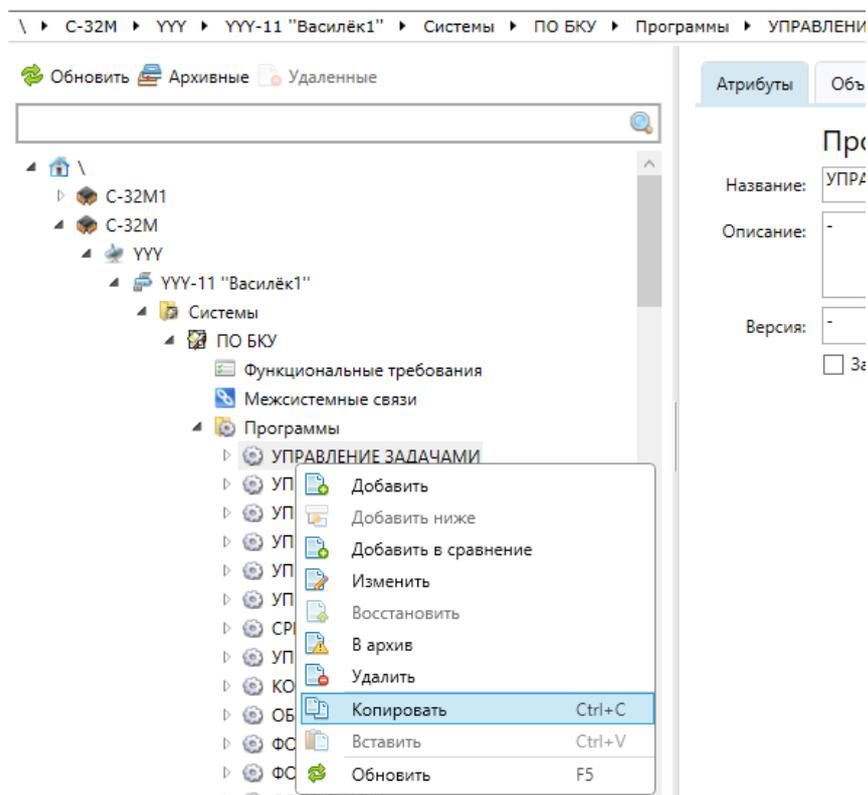


Рисунок 3.7 – Выбор пункта «Копировать»

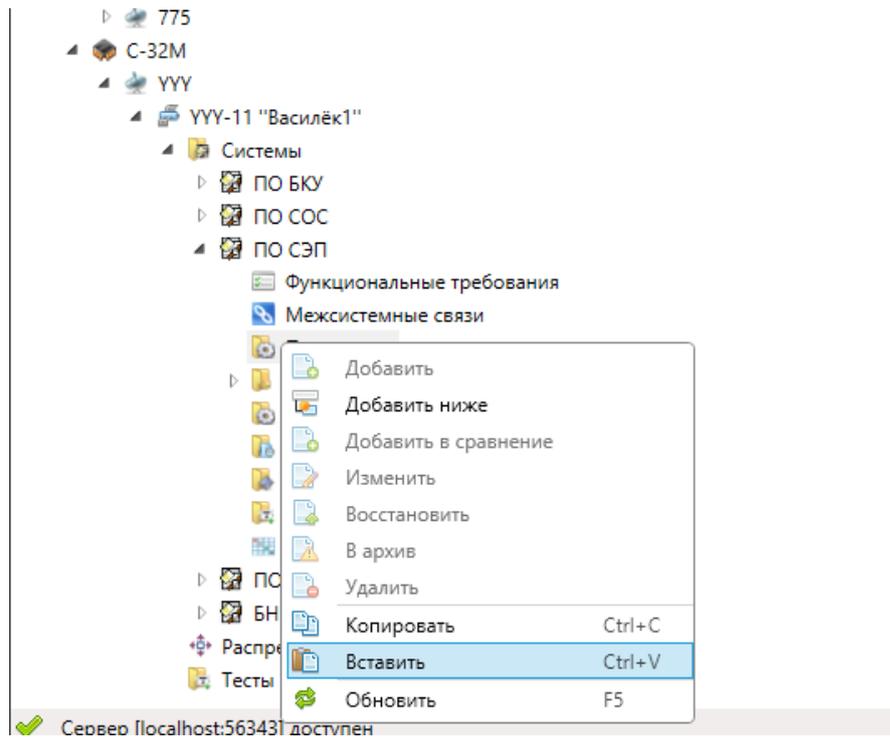


Рисунок 3.8 – Выбор пункта «Вставить»

## **4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение**

### **4.1 Потенциальные потребители результатов исследования**

Для анализа потребителей результатов исследования необходимо рассмотреть целевой рынок. Также для уточнения круга потребителей и выделения целевых групп можно сегментировать целевой рынок путем нахождения общих признаков между потребителями с их последующей категоризацией.

Целевой рынок – сегменты рынка, на котором будет продаваться в будущем разработка. В свою очередь, сегмент рынка – это особым образом выделенная часть рынка, группы потребителей, обладающих определенными общими признаками.

Целевым рынком разработки является отечественный рынок заказного программного обеспечения. Главной особенностью рынка является обязательное наличие лицензии на работу, так как потребителем разработок является предприятие России по созданию космических аппаратов связи, телевидения, ретрансляции, навигации и геодезии – АО «Информационные спутниковые системы» имени академика М. Ф. Решетнёва.

Преимуществом данного программного продукта является тот факт, что оно полностью соответствует ожиданиям пользователя, и как следствие, приносит максимальную пользу в работе.

Недостатком является узкая направленность разработки.

### **4.2 SWOT-анализ**

Для комплексного анализа реализуемого научно-исследовательского проекта, в рамках магистерской диссертации была сформирована матрица SWOT-анализа для отображения ключевых сторон разработки, таких как: сильные, слабые, возможности и угрозы. Матрица представлена в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Матрица SWOT-анализа

	<p><b>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</b></p> <p>С1. Актуальность разработки.</p> <p>С2. Архитектура приложения позволяет вносить функциональность без существенных изменений в коде.</p> <p>С3. Информационная система может работать без доступа к интернету.</p> <p>С4. Современные инструменты разработки программного обеспечения.</p>	<p><b>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</b></p> <p>Сл1. Отсутствие аутентификации пользователей.</p> <p>Сл2. При неполадках с сетью пользователь не может работать с данными.</p> <p>Сл3. Сложная предметная область разработки.</p> <p>Сл4. Сильная обобщенность функциональности.</p> <p>Сл5. Отсутствие многопользовательского режима.</p>
<p><b>Возможности:</b></p> <p>В1. Расширение списка поддерживаемых платформ.</p> <p>В2. Внедрение новой функциональности.</p> <p>В3. Качественное улучшение бизнес-процессов предприятия, использующее программный продукт.</p> <p>В4. Увеличение потребностей клиентов ввиду улучшения качества бизнес-процессов предприятия.</p>	<p><b>Направления развития:</b></p> <p>В1С3 - внедрение механизмов поддержки работоспособности в ненадежных сетях.</p> <p>В1В2С2 - Поддержка большего количества платформ.</p> <p>В3В4С4С2 - Развитие и улучшение пользовательского опыта работы с информационной системой.</p> <p>С1С4В2 - Поддержка актуального состояния инструментов разработки.</p>	<p><b>Сдерживающие факторы:</b></p> <p>Сл1Сл4В2 – сложность кодовой базы.</p> <p>В3В4Сл3 – отсутствие лиц, ясно представляющих результат.</p> <p>Сл5Сл1В3В4 – отсутствие опыта взаимодействия при разработке и проектирования сложных информационных систем.</p> <p>В1Сл4 – отсутствие необходимого количества времени для реструктуризации существующих</p>

		компонентов с последующей реализацией.
<p><b>Угрозы:</b></p> <p>У1. Нарушение целостности данных пользователей.</p> <p>У2. «Недружелюбный» пользовательский интерфейс.</p> <p>У3. Отсутствие заявленной функциональности.</p> <p>У4. Введение дополнительных требований к приемке продукта.</p>	<p><b>Угрозы развития:</b></p> <p>У3С1 – отсутствие необходимой функциональности может снизить интерес пользователей к развитию продукта и желание участвовать в его разработке.</p> <p>У1С3 – нарушение целостности данных может привести к неправильной работе как приложения, так и пользователей программы.</p> <p>У2С2 – подход к внесению изменений может навязывать тот или иной стиль формирования пользовательского интерфейса. Отрицательный результат может снизить мотивацию к использованию продукта.</p> <p>С4У4 – использование современных средств разработки может потребовать наличие современной инфраструктуры в информационной системе пользователей.</p>	<p><b>Уязвимости:</b></p> <p>Сл1Сл5У4 – отсутствие критических компонентов в информационной системе может привести к отказу от интеграции в существующие бизнес-процессы.</p> <p>Сл3Сл4У3У1 – неправильная работа программы может привести к остановке разработки и отказе от запросов.</p> <p>Сл2У2 – интерфейс может не уведомить пользователя о критической ошибке, что ведет к потере данных.</p>

### 4.3 Инициация проекта

Новая фаза разработки проекта САПР БПО включает в себя реализацию новой функциональности, исправление недочетов, а также проектирование механизмов автоматизации бизнес-процессов предприятия.

### 4.4 Устав проекта

#### 4.4.1 Цели и результат проекта

Заинтересованные стороны проекта представлены в таблице 4.2.

Таблица 4.2 – Заинтересованные стороны проекта

<b>Заинтересованные стороны проекта</b>	<b>Ожидания заинтересованных сторон</b>
Заказчик: АО «Информационные спутниковые системы» имени академика М.Ф. Решетнёва	Система автоматического проектирования бортового программного обеспечения
НИИ ТПУ	Все пункты договора выполнены обеими сторонами. Претензий нет.

Цели и результат проекта представлены в таблице 4.3.

Таблица 4.3 – Цели и результат проекта

<b>Цели проекта:</b>	Разработка программных компонент САПР БПО первичного распределения ресурсов на этапе определения требований и уточнения распределения ресурсов на последующих этапах. Что позволит повысить эффективность труда сотрудников предприятия.
<b>Ожидаемые результаты проекта:</b>	Улучшена схема базы данных. Добавлены модули по распределению ресурсов в зависимости от их использования. Улучшен интерфейс по взаимодействию с телеметрическими данными. Спроектированы и реализованы механизмы по

	работе с объектами архитектурного проекта, такие как: сравнение, поиск вхождений, копирование.
<b>Критерии приемки результата проекта:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• проект выполнен в срок и в полном соответствии с заключенным договором;</li> <li>• внесенные изменения не повлияли на ухудшение производительности, надежности продукта и функциональных возможностей.</li> </ul>
<b>Требования к результату проекта:</b>	Реализованная функциональность реализована в полном объеме и является надежной.

#### 4.4.2 Организационная структура проекта

Рабочая группа, роли участников, их функции и трудозатраты каждого участника научно-исследовательского проекта представлены в таблице 4.4.

Таблица 4.4 – Рабочая группа проекта

<b>№ п\п</b>	<b>ФИО, основное место работы, должность</b>	<b>Роль в проекте</b>	<b>Функции</b>	<b>Трудозатраты, час.</b>
1	Рачкован Олег Андреевич	Исполнитель по проекту	Реализация требуемой функциональности. Проектирование информационной системы.	390
2	Цапко Сергей Геннадьевич	Руководитель проекта	Ответственность и проверка корректности реализации. Координация действий участников проекта.	100

### 4.4.3 Ограничения и допущения проекта

Ограничения и допущения проекта представлены в таблице 4.5.

Таблица 4.5 – ограничения проекта

<b>Фактор</b>	<b>Ограничения/допущения</b>
Бюджет проекта	Представлен в договоре
Источник финансирования	НИИ ТПУ
Сроки проекта:	11.02.19 - 21.08.19
Дата утверждения плана управления проектом:	11.02.19
Дата завершения проекта:	21.08.2019

## 4.5 Планирование управления научно-техническим проектом

### 4.5.1 План проекта

В рамках планирования научного проекта построены календарный и линейный графики проекта. Линейный график представлен в таблице 4.6.

Таблица 4.6 – Линейный график проекта в рабочих днях

<b>Код работы (из ИСР)</b>	<b>Название</b>	<b>Длительность, дни</b>	<b>Дата начала работ</b>	<b>Дата окончания работ</b>	<b>Состав участников (ФИО ответственных исполнителей)</b>
1	Постановка целей и задач, получение исходных данных	2	11.02.19	13.02.19	Научный руководитель, Инженер (дипломник)
2	Составление и утверждение технического задания	8	14.02.19	21.02.19	Научный руководитель, Инженер

3	Обсуждение плана реализации	5	22.02.19	26.02.19	Научный руководитель, Инженер
4	Проектирование схемы базы данных	6	27.02.19	4.03.19	Научный руководитель, Инженер
5	Проектирование отдельных модулей информационной системы	9	5.03.19	13.03.19	Инженер
6	Декомпозиция и приоритизация задач	2	14.03.19	15.03.19	Инженер
7	Разработка информационной системы	45	18.03.19	1.05.19	Инженер
8	Тестирование выполненных задач	8	2.05.19	9.05.19	Научный руководитель, Инженер
9	Оформление пояснительной записки	21	10.05.19	30.05.19	Научный руководитель, Инженер

Для иллюстрации календарного плана проекта на временном промежутке используется диаграмма Ганта (таблица 4.7).

Таблица 4.7 – Диаграмма Ганта

Код работы (из ИСР)	Вид работ	Исполнители	Т <sub>к</sub> , раб. дни	Продолжительность выполненных работ																			
				Фев.			Март			Апр.			Май										
				1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3								
1	Постановка целей и задач, получение исходных данных	Научный руководитель, Инженер	2		■																		



Таблица 4.8 – Группировка затрат по статьям

Вид работ	Статьи							
	Сырье, материалы (за вычетом возвратных отходов), покупные изделия и полуфабрикаты	Специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.	Отчисления на социальные нужды, руб.	Прочие прямые расходы, руб.	Накладные расходы, руб.	Итого плановая себестоимость, руб.
Проведение исследования, проектирование и разработка	875	2300	44336	4433,6	13216,6	1583,4	14630,9	81375,5
Консультация и координация проекта	700		45152	4515,2	13459,8		14900,2	78727,2
Итого								160102,7

## **Сырье, материалы, покупные изделия и полуфабрикаты (за вычетом отходов)**

Расчет стоимости материальных затрат производится по действующим прейскурантам или договорным ценам. В стоимость материальных затрат включают транспортно-заготовительные расходы (3 – 5 % от цены). В эту же статью включаются затраты на оформление документации (канцелярские принадлежности, тиражирование материалов). Результаты по данной статье заносятся в таблице 4.9.

Таблица 4.9 - Сырье, материалы, комплектующие изделия и покупные полуфабрикаты

Наименование	Марка, размер	Кол-во	Цена за единицу, руб	Сумма, руб
Ручка	MaxRiter	4	50	200
Бумага	Снегурочка	2 упаковки	150	300
Маркер для доски	Index	10	100	1000
Всего за материалы				1500
Транспортно-заготовительные расходы (5%)				75
Итого по статье С <sub>м</sub>				1575

### **Специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ**

В данную статью включают все затраты, связанные с приобретением специального оборудования (приборов, контрольно-измерительной аппаратуры, стендов, устройств и механизмов), необходимого для проведения работ по конкретной теме. Определение стоимости спецоборудования производится по действующим прейскурантам, а в ряде случаев по договорной цене.

При приобретении спецоборудования необходимо учесть затраты по его доставке и монтажу в размере 15 % от его цены. Стоимость оборудования, используемого при выполнении конкретного научного проекта и имеющегося в данной научно-технической организации, учитывается в виде амортизационных отчислений. Все расчеты по приобретению спецоборудования и оборудования,

имеющегося в организации, но используемого для выполнения конкретной темы, сводятся в таблице 4.10.

Таблица 4.10 – Расчет затрат по статье «Спецоборудование для научных работ»

№	Наименование оборудования	Кол-во оборудования	Цена единицы оборудования, тыс. руб.	Общая стоимость оборудования, тыс. руб.
1.	Компьютер	1	60	69
2.	Среда разработки Visual Studio 2015	1	20	23
3.	Программное обеспечение-дополнение ReSharper	1	2	2,3

### Основная заработная плата

В настоящую статью включается основная заработная плата научных и инженерно-технических работников, рабочих макетных мастерских и опытных производств, непосредственно участвующих в выполнении работ по данной теме. Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы оплаты труда. В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы (размер определяется Положением об оплате труда).

Статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением проекта, (включая премии, доплаты) и дополнительную заработную плату.

$$C_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп}, \quad (4.1)$$

где  $Z_{осн}$  – основная заработная плата;

$Z_{доп}$  – дополнительная заработная плата;

Основная заработная плата руководителя рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} * T_p, \quad (4.2)$$

где  $T_p$  – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн.;

$Z_{\text{дн}}$  – среднедневная заработная плата работника, руб.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_m * M}{F_d}, \quad (4.3)$$

где  $F_d$  – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн. (таблица 4.10).

$Z_m$  – месячный должностной оклад работника, руб.;

$M$  – количество месяцев работы в течение года без отпусков:

при отпуске в 48 рабочих дней  $M=10,4$  месяца, 6 – дневная неделя;

Таблица 4.11 – Баланс рабочего времени

<b>Показатели рабочего времени</b>	<b>Руководитель</b>	<b>Инженер</b>
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней	52	52
- выходные дни	14	14
- праздничные дни		
Потери рабочего времени		
- отпуск	48	48
- невыходы по болезни		
Действительный годовой фонд рабочего времени	251	251

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_m = Z_b * (1 + k_{\text{пр}} + k_d) * k_p, \quad (4.4)$$

где  $Z_b$  – базовый оклад, руб.;

$k_{\text{пр}}$  – премиальный коэффициент, равный 0,3;

$k_d$  – коэффициент доплат и надбавок составляет примерно 0,2;

$k_p$  – районный коэффициент, равный 1,3 г. Томск.

Расчёт основной заработной платы приведён в таблице 4.12.

Таблица 4.12 – Расчет основной заработной платы

Исполнители	$Z_б$ , руб.	$k_{пр}$	$k_d$	$k_p$	$Z_m$ , руб.	$Z_{дн}$ , руб.	$T_p$ , раб. дн.	$Z_{осн}$ , руб.
Руководитель	33664	0,3	0,2	1,3	65644,8	2720	16,6	45152
Инженер	12663	-	-	1,3	16461,9	682,1	65	44336

### Дополнительная заработная плата научно-производственного персонала

#### Отчисления на социальные нужды

В данную статью включается сумма выплат, предусмотренных законодательством о труде, например, оплата очередных и дополнительных отпусков; оплата времени, связанного с выполнением государственных и общественных обязанностей; выплата вознаграждения за выслугу лет и т.п. Дополнительная заработная плата рассчитывается исходя из 10% от основной заработной платы, работников, непосредственно участвующих в выполнении темы:

$$Z_{доп} = k_{доп} * Z_{осн}, \quad (4.5)$$

где  $Z_{доп}$  – дополнительная заработная плата, руб.;

$k_{доп}$  – коэффициент дополнительной зарплаты;

$Z_{осн}$  – основная заработная плата, руб.

В таблице 4.13 приведена форма расчёта основной и дополнительной заработной платы.

Таблица 4.13 - Заработная плата исполнителей НТИ

Заработная плата	Руководитель	Инженер
Основная заработная плата	45152	44336
Дополнительная зарплата	4515,2	4433,6
Зарплата исполнителя	49667,2	48770,1
Итого по статье $C_{зн}$	98437,3	

### **Отчисления на социальные нужды**

Статья включает в себя отчисления во внебюджетные фонды

$$C_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} * (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}), \quad (4.6)$$

где  $k_{\text{внеб}}$  - коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.) для текущих вычислений равен 27,1%.

Тогда сумма отчислений во внебюджетные фонды равна, руб.:

$$C_{\text{внеб}} = 0,271 * 98437,3 = 26676,5,$$

### **Накладные расходы**

В эту статью включаются затраты на управление и хозяйственное обслуживание, которые могут быть отнесены непосредственно на конкретную тему. Кроме того, сюда относятся расходы по содержанию, эксплуатации и ремонту оборудования, производственного инструмента и инвентаря, зданий, сооружений и др. Накладные расходы составляют 30% от суммы основной и дополнительной заработной платы, работников, непосредственно участвующих в выполнении темы.

$$C_{\text{накл}} = k_{\text{накл}} * (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}), \quad (4.7)$$

где  $k_{\text{накл}}$  - коэффициент накладных расходов.

Тогда:

$$C_{\text{накл}} = 0,3 * 98437,3 = 29531,2$$

На основании полученных данных по отдельным статьям затрат составляется калькуляция плановой себестоимости НТИ по форме, приведенной в таблице 4.8.

### **Расчет затрат на электричество**

В данном пункте рассчитываются затраты на электричество за время работы над проектом. Вычисление производится по формуле 8:

$$C_{\text{эл.об}} = P_{\text{об}} * t_{\text{об}} * Ц_{\text{э}}, \quad (4.8)$$

где  $P_{\text{об}}$  - мощность, потребляемая оборудованием, кВт, равно приблизительно 700 Вт;

$t_{\text{об}}$  - время работы оборудования, час;

Ц<sub>э</sub> - тариф на 1 кВт\*час.

Для ТПУ тариф одного кВт\*час равен 5,8 рублей.

Тогда расчет потребленной электроэнергии за время работы над проектом выглядит следующим образом:

$$C_{\text{накл}} = 0,7 * 390 * 5,8 = 1583,4$$

#### Амортизационные расходы

В данном пункте рассчитывается амортизация используемого, только в период работы над выполнением проекта, оборудования. Для выполнения вычислений используется формула:

$$C_{\text{ам}} = \frac{Ц_{\text{об}}}{P_{\text{пр}} * 12/n'} \quad (4.9)$$

где  $P_{\text{пр}}$  – производственный ресурс оборудования в годах;

$Ц_{\text{об}}$  – балансовая стоимость единицы оборудования;

$n$  – количество месяцев работы над проектом;

Тогда годовая амортизация за время работы над проектом будет равна, руб.:

$$C_{\text{ам}} = \frac{69000}{5 * 12/2} = 2300$$

#### 4.6 Реестр рисков проекта

В проекте могут возникать события, вызывающие негативный последствия, которые в свою очередь повлекут за собой нежелательные эффекты. Список таких возможных событий представлен в таблице 4.14.

Таблица 4.14 – Реестр рисков

№	Риск	Потенциальное воздействие	Вероятность наступления (1-5)	Влияние риска (1-5)	Уровень риска	Способы смягчения риска	Условия наступления
1	Не сдача проекта в срок	Уменьшение объема выполняемых работ	2	4	Средний	Декомпозиция задач. Предложения по улучшению	Малая эффективность труда

						бизнес-процессов	
2	Реализованная функциональность неправильно отражает реальный рабочий процесс	Отсутствие подтверждения о приемке	1	4	Средний	Тщательное исследование бизнес-процессов	Неправильное понимание предметной области
3	Нехватка квалифицированных работников	Неспособностью завершить проект	1	5	Высокий	Постоянный поиск и обучение квалифицированного персонала.	Завышенный объем работы.

## 5 Социальная ответственность

В настоящий момент понятие «Социальная ответственность» описывается в международном стандарте IC CSR-08260008000:2011 «Социальная ответственность организации. Требования» [5], который был утвержден и введен в действие Международным Комитетом по корпоративной социальной ответственности (IC CSR) третьего марта 2011 г. В данном стандарте термин социальная ответственность имеет следующее определение – ответственность организации за воздействие ее решений и деятельности на общество и окружающую среду через прозрачное и этическое поведение, которое:

- содействует устойчивому развитию, включая здоровье и благосостояние общества;
- учитывает ожидания заинтересованных сторон;
- соответствует применяемому законодательству и согласуется с международными нормами поведения;
- интегрировано в деятельность всей организации и применяется в ее взаимоотношениях.

Разработка и эксплуатация целевого программного обеспечения производится за компьютером, следовательно необходимо выявить вредные факторы влияющие на человека в данных условиях, определить их негативное влияние и установить правила и нормы по предотвращению их губительного эффекта на пользователя, дабы избежать проблем со здоровьем работника и снижения производительности его труда.

В соответствии с назначением данного раздела также рассмотрены программы по минимизации воздействия вредоносного и опасного влияния выявленных факторов, а также программы по снижению вредных воздействий на окружающую среду, экономии невозполнимых ресурсов и защите в чрезвычайных ситуациях.

## Введение

Объектом настоящей дипломной работы является система автоматизированного проектирования бортового программного обеспечения (САПР БПО). Функциональная цель которой решение задач систематизации проектных данных об изделиях (космических аппаратах (КА)). Каждое изделие описывается в терминах САПР БПО и состоит из набора сложных информационных объектов, каждый из которых состоит из нескольких простых информационных объектов. Любой простой объект может входит в состав нескольких составных объектов. Целью данной работы является поиск методов и разработка средств поиска вхождения простых объектов в состав сложных, копирования сложных объектов из состава одного изделия в состав другого, удаления/модификации простых и сложных объектов с оценкой влияния на все изделия, в состав которых входит данный объект.

Разрабатываемое программное обеспечение применяется в АО «Информационные спутниковые системы» имени академика М. Ф. Решетнёва.

Научно-исследовательская работа выполнялась в помещении отделения информационных технологий школы информационных технологий и робототехники (ИШИТР), десятого корпуса Томского Политехнического Университета, в аудитории 103а.

### **5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.**

Требования к организации рабочих мест пользователей:

– рабочее место должно быть организовано с учетом эргономических требований согласно ГОСТ 12.2.032-78 «ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования» [6] и ГОСТ 12.2.061-81 «ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности к рабочим местам» [7];

– При организации рабочего места следует учитывать антропометрические параметры как женщин, так и мужчин.

– конструкция рабочей мебели (рабочий стол, кресло) должна обеспечивать возможность регулировки в соответствии с ростом пользователя и создавать удобную позу для работы. Вокруг ПК должно быть обеспечено свободное пространство не менее 60-120 см.

На рисунке 5.1 представлены требования к рабочему месту.



Рисунок 5.3 – Организация рабочего места

В соответствии с государственными стандартами и правовыми нормами обеспечения безопасности предусмотрена рациональная организация труда в течение смены, которая предусматривает:

- длительность рабочей смены не более 8 часов;
- установление двух регламентируемых перерывов (не менее 20 минут после 1-2 часов работы, не менее 30 минут после 2 часов работы);
- обеденный перерыв не менее 40 минут.

Каждый сотрудник должен пройти медицинский осмотр перед приемом на работу. Также необходимо пройти инструктаж по технике безопасности, охране труда и электробезопасности.

## 5.2 Производственная безопасность

Научно-исследовательская работа производится в помещении с использованием электронно-вычислительных средств, соответственно все негативные факторы являются результатом их работы. Перечень опасных и

вредных факторов, характерных для данного вида работы представлен в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Возможные опасные и вредные факторы

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ			Нормативные документы
	Разработка	Изготовление	Эксплуатация	
1.Отклонение показателей микроклимата	+	+	+	1. СанПиН 2.2.4.548-96. «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы» [8] 2. ГОСТ 12.1.003-83. «ССБТ. Шум. Общие требования безопасности» [9] 3. СНиП 23-05-95. «Естественное и искусственное освещение» [10] 4. «Электробезопасность. Термины и определения» [11] 5. ГОСТ 12.1.019-79. ССБТ «Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты» [12]
2. Превышение уровня шума	+	+	+	
3.Отсутствие или недостаток естественного света	+	+	+	
4.Недостаточная освещенность рабочей зоны	+	+	+	
5.Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека	+	+	+	

### 5.3 Анализ опасных и вредных производственных факторов

#### 5.3.1 Микроклимат производственных помещений

Микроклимат производственных (рабочих) помещений – климат внутренней среды этих помещений, который определяется действующими на организм человека сочетаниями температуры, влажности и скорости движения воздуха, а также интенсивности теплового излучения от нагретых поверхностей [8]. Выполняемая работа относится к категории легкая (б1).

Для создания благоприятных условий работы, соответствующих физиологическим потребностям человеческого организма, санитарные нормы устанавливают оптимальные и допустимые метеорологические условия в рабочей зоне помещения (таблицы 5.2–5.3).

Таблица 5.2 – Оптимальные величины показателей микроклимата на рабочих местах

Период года	Температура воздуха, °С	Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	21-23	20-24	60-40	0,1
Тёплый	23-25	22-26	60-40	0,1

Таблица 5.3 – Допустимые величины показателей микроклимата на рабочих местах

Период года	Температура воздуха, °С		Температура поверхности, °С	Относительная влажность, %	Скорость движения воздуха, м/с	
	Диапазон ниже оптимальных величин	Диапазон выше оптимальных величин			для диапазона температур воздуха ниже оптимальных величин, не более	для диапазона температур воздуха выше оптимальных величин, не более
Холодный	19-20,9	23,1-24	18-25	15-75	0,1	0,2
Тёплый	20,0-21,9	24,1-28	19-29	15-75	0,1	0,3

Для обеспечения оптимальных условий труда в рабочем помещении в зимнее время года функционируют централизованная система водяного отопления и приточно-вытяжная вентиляция. Относительная влажность составляет 50% при скорости движения воздуха в 0,15 м/с. В летнее время года

температура воздуха составляет 22-24 °С, также доступна для использования система кондиционирования воздуха.

### **5.3.2 Производственные шумы**

Шум – это совокупность различных звуков, возникающих в процессе производства и неблагоприятно воздействующих на организм [9].

Существует уровень предельно допустимого шума – величина, не вызывающая отклонений в состоянии здоровья у работника при ежедневной работе при 5-дневной рабочей недели. Однако соблюдение уровня предельно допустимого шума не исключает возможности нанесения вреда здоровью лицам с повышенной чувствительностью слуха.

Допустимый уровень шума определяется в ГОСТ 12.1.003-83 «ССБТ. Шум. Общие требования безопасности» [9].

Так допустимый уровень шума для программистов не должен превышать 50дБА, а в помещениях с вычислительными устройствами не более 65дБА.

Защита рабочего помещения от излишних шумов заключается в использовании защитных кожухов для вентиляционного оборудования и использование специальных отражающих покрытий на стены помещения, где установлены вычислительные устройства.

### **5.3.3 Производственное освещение**

Освещение – получение, распределение и использование световой энергии для обеспечения благоприятных условий видения предметов и объектов. Оно влияет на настроение и общее самочувствие, определяет эффективность труда [14]. Рациональное распределение света должно обеспечивать удовлетворение следующих целей:

- достаточную освещенность рабочих поверхностей;
- постоянство равномерной освещенности во времени;
- равномерное распределение яркости в окружающем пространстве;
- отсутствие слепящего действия.

Правильно спроектированное освещение помещений оказывает положительное воздействие на работников, способствует повышению производительности труда, снижает утомляемость и травматизм.

Недостаточная освещенность рабочей зоны может стать причиной травматизма: плохо освещенные опасные зоны, ухудшенная видимость может вызвать неадекватное восприятие наблюдаемого объекта. Также при плохой освещенности ухудшается производительность, возрастает нагрузка на зрение работника, что может стать причиной ухудшения здоровья.

Размещение светильников в помещении определяется следующими параметрами, м (рисунок 5.2):

$H$  – высота помещения;

$h_c$  – расстояние светильников от перекрытия (свес);

$h_{\text{п}} = H - h_c$  – высота светильника над полом, высота подвеса;

$h_{\text{рп}}$  – высота рабочей поверхности над полом;

$h = h_{\text{п}} - h_{\text{рп}}$  – расчетная высота, высота светильника над рабочей поверхностью.

$L$  – расстояние между соседними светильниками или рядами;

$l$  – расстояние от крайних светильников или рядов до стены.

Оптимальное расстояние  $l$  от крайнего ряда светильников до стены рекомендуется принимать равным  $L/3$ .

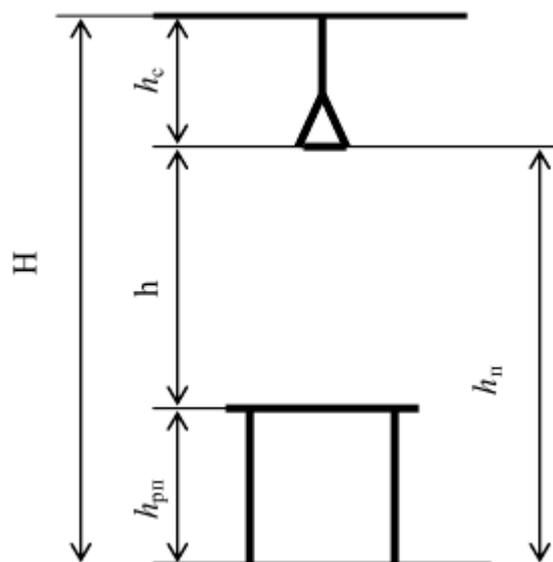


Рисунок 5.2 – Основные расчетные параметры

Интегральным критерием оптимальности расположения светильников является величина  $\lambda = L/h$ , уменьшение которой удорожает устройство и обслуживание освещения, а чрезмерное увеличение ведёт к резкой неравномерности освещённости.

Проведение научно-исследовательской работы происходило в помещении десятого корпуса ТПУ, в кабинете 103а. Длина рассматриваемого помещения (А) составляет 7 метров, ширина (В) – 4м, высота (Н) – 3,5м. Высота рабочей поверхности ( $h_{рп}$ ) 0,7м, расстояние светильников от перекрытия ( $h_c$ ) принято за 1м, интегральный критерий оптимальности ( $\lambda$ ) 1,4.

Также в помещении используется светильник ШОД 2x40 характеристики которого представлены в таблице 5.4.

Таблица 5.4 – Характеристики светильника ШОД 2x40

Мощность, Вт	Размеры, мм			КПД, %
	Длина	Ширина	Высота	
2x40	1228	284	-	85

Тогда, высота светильника над рабочей поверхностью равна:

$$h = H - h_c - h_{рп} = 3,5 - 1 - 0,7 = 1,8$$

Соответственно, расстояние между светильниками L определяется как:

$$L = \lambda * h = 1,4 * 1,8 = 2,4 \text{ м}$$

Тогда, расстояние от крайних светильников или рядов до стены равно (м):

$$l = \frac{L}{3} = \frac{2,4}{3} = 0,8$$

Исходя из рассчитанных значений размещения светильников, определено, что в помещении с заданными характеристиками может быть размещено 4 светильника ШОД-2х40.

План распределения светильников представлен на рисунке 5.3.

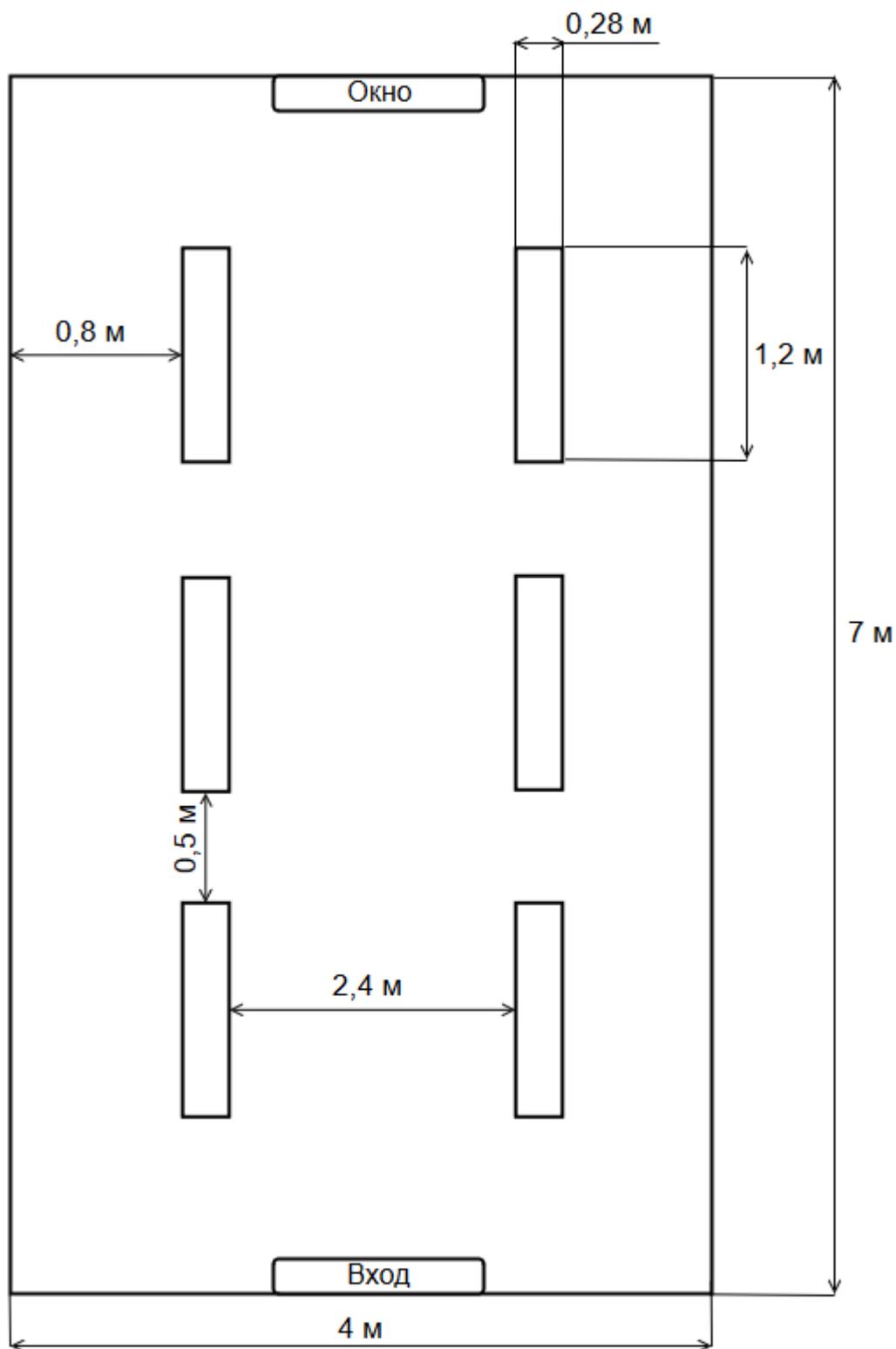


Рисунок 5.3 – План размещения общего освещения (вид сверху)

Расчёт общего равномерного искусственного освещения горизонтальной рабочей поверхности выполняется методом коэффициента светового потока, учитывающим световой поток, отражённый от потолка и стен.

Световой поток лампы определяется по формуле:

$$\Phi = \frac{E_{\text{н}} * S * K_3 * Z}{N * \eta}$$

где  $E_{\text{н}}$  – нормируемая минимальная освещённость по СНиП 23-0595, лк;  
 $S$  – площадь освещаемого помещения, м<sup>2</sup>;  $K_3$  – коэффициент запаса, учитывающий загрязнение светильника (источника света, светотехнической арматуры, стен и пр., т. е. отражающих поверхностей), наличие в атмосфере цеха дыма, пыли (табл. 4.9);  $Z$  – коэффициент неравномерности освещения, отношение  $E_{\text{ср}}/E_{\text{min}}$ . Для люминесцентных ламп при расчётах берётся равным 1,1;  
 $N$  – число ламп в помещении;  $\eta$  – коэффициент использования светового потока.

Коэффициент использования светового потока показывает, какая часть светового потока ламп попадает на рабочую поверхность. Он зависит от индекса помещения  $i$ , типа светильника, высоты светильников над рабочей поверхностью  $h$  и коэффициентов отражения стен  $\rho_{\text{С}}$  и потолка  $\rho_{\text{П}}$ .

Индекс помещения определяется по формуле:

$$i = \frac{S}{h * (A + B)},$$

где  $h$  – допустимая высота подвеса светильников с люминесцентными лампами;  $A$  – ширина;  $B$  – длина.

Коэффициент  $Z$  примем равным  $Z = 1,1$ . Коэффициент запаса определяется по таблице в зависимости от запылённости помещения, в нашем случае  $K_3 = 1,5$  (коэффициент запаса). Необходимо обеспечить освещённость  $E = 300$  лк. Коэффициент использования, выражается отношением светового потока, падающего на расчетную поверхность, к суммарному потоку всех ламп и исчисляется в долях единицы. Он зависит от характеристик светильника, размеров помещения, окраски стен и потолка, характеризуемых коэффициентами отражения от стен ( $\rho_{\text{С}}$ ) и потолка ( $\rho_{\text{П}}$ ), значение коэффициентов  $\rho_{\text{С}}$  и  $\rho_{\text{П}}$  определим по таблице из СНиП 23-05-95,  $\rho_{\text{С}} = 50\%$ ,  $\rho_{\text{П}} = 70\%$ .

Учитывая то, что в помещении необходимо разместить 6 светильников типа ШОД-2x80 и в каждом из них установлено 2 люминесцентные лампы, общее количество ламп в помещении  $N = 12$ .

Значение  $\eta$  определим по таблице коэффициентов использования различных светильников из СНиП 23-05-95. Для этого вычислим индекс помещения:

$$i = \frac{28}{1,8 * (7 + 4)} = 1,4$$

Тогда, используя вычисленные значения получим коэффициент использования светового потока из таблицы, взятой из СНиП 23-05-95,  $\eta = 0,46$ .

Используя найденные величины найдем значение светового потока:

$$\Phi = \frac{300 * 28 * 1,5 * 1,1}{12 * 0,46} = 2511 \text{ лм}$$

Выбираем ближайшую стандартную лампу ЛХБ 40 Вт с потоком 2700 лм и проверяем рассчитанное значение светового потока на удовлетворение условию:

$$-10\% \leq \frac{\Phi_{\text{л.станд}} - \Phi_{\text{л.расч}}}{\Phi_{\text{с.станд}}} * 100\% \leq 20\%$$

Тогда:

$$\begin{aligned} -10\% &\leq \frac{2700 - 2511}{2700} * 100\% \leq 20\% \\ -10\% &\leq 7\% \leq 20\% \end{aligned}$$

Условие удовлетворяет нормам освещенности.

Тогда, электрическая мощность осветительной установки:

$$P = 12 * 40 = 480 \text{ Вт}$$

### 5.3.4 Электробезопасность

Электробезопасность – система организационных и технических мероприятий и средств, обеспечивающих защиту людей от вредного и опасного для жизни воздействия электрического тока, электрической дуги, электромагнитного поля и статического электричества [11].

Существует ряд установленных правил по предотвращению поражения электрическим током в помещениях с использованием электрических устройств:

- перед включением электроприбора, визуально, должна быть проверена целостность изоляции электропроводки и отсутствие наличия замыканий токопроводящих частей;
- при обнаружении замыканий необходимо отключить электроприбор от сети и вызвать обслуживающий персонал;
- исключить случаи прямого контакта с оголенными частями электропроводки;
- исключить использование электроприборов в помещениях с повышенной опасностью;
- включать и выключать электроприбор только в соответствии с инструкциями по эксплуатации прибора.

Помещение, где производится научно-исследовательская работа относится к помещениям без повышенной опасности, так как отсутствуют следующие факторы:

- токопроводящие полы;
- токопроводящая пыль;
- возможность контакта с незаземленными частями электропроводки;
- сырость.

В процессе работы вычислительного устройства возникают наведенные на корпус монитора, системного блока и клавиатуры статические токи. Вреда для человека они не представляют, однако, могут вывести из строя электроаппаратуру. Дабы избежать воздействия наведенных токов на электроаппаратуру используются специальные нейтрализаторы, местное и общее увлажнение воздуха, использование покрытия полов с антистатической пропиткой [13]. Полный список средств защиты от статического электричества приведен в таблице 5.5 в соответствии с ГОСТ 12.4.124-83.

Таблица 5.5 – Средства защиты от статического электричества

Тип средства защиты	Виды средств защиты
Коллективные	Нейтрализаторы (аэродинамические, высоковольтные, индукционные, лучевые);
	Заземляющие устройства;
	Увлажняющие устройства (испарительные, распылительные);
	Экранирующие устройства (козырьки, перегородки);
	Антиэлектростатические вещества (вводимые в объем, наносимые на поверхность);
Индивидуальные	Антиэлектростатическая одежда;
	Антиэлектростатическая обувь;
	Антиэлектростатические предохранительные приспособления;
	Антиэлектростатические средства защиты рук.

#### 5.4 Экологическая безопасность

Охрана окружающей среды сводится к устранению отходов бытового мусора и отходам жизнедеятельности человека. В случае выхода из строя ПК, они списываются и отправляются на специальный склад, который при необходимости принимает меры по утилизации списанной техники и комплектующих.

Разрабатываемый в ходе научно-исследовательской работы программный продукт не способен нанести вред окружающей среде в силу своей природы, однако устройства, используемые при его разработке способны оказать негативный эффект на окружающую среду. Фактически охрана окружающей среды сводится к утилизации бытового мусора и отходов жизнедеятельности человека. В случае выхода из строя оборудования, оно списывается согласно процедурам, установленным на предприятии или учебном заведении.

Для освещения рабочего места используются люминесцентные лампы. В каждой лампе содержится около 60 мг ртути. Согласно классификатору отходов ДК 005-96, утвержденному приказом Госстандарта № 89 от 29.02.96 г., люминесцентные лампы относятся к отходам, которые сортируются и

собираются отдельно [15]. Соответственно, отработанные лампы должны передаваться на утилизацию в специальные пункты приема.

### **5.5 Безопасность в чрезвычайных ситуациях**

Для используемого производственного помещения характерны следующие источники чрезвычайных ситуаций (ЧС):

- природные;
- техногенные.

Наиболее типичным является пожар. Причинами данного вида ЧС могут быть короткое замыкание, несоблюдение мер противопожарной безопасности, нарушение целостности используемого электрического оборудования.

Дабы минимизировать возникновение ЧС необходимо осуществлять следующие мероприятия [16]:

- периодическая проверка используемых электрических устройств;
- качественный и своевременный инструктаж по технике безопасности работников;
- использование электроприборов в строгом соответствии с назначением;
- периодическое осуществление учебных мероприятий по действиям в случае ЧС среди работников.

Также необходимо оснастить все рабочие помещения противопожарной сигнализацией, реагирующей на продукты горения для своевременного реагирования на чрезвычайные ситуации, мобильными огнетушителями, проинструктировать персонал о плане эвакуации и назначить ответственных за эти мероприятия.

При возникновении пожара необходимо обесточить все электроприборы, оповестить всех ближайших людей о ЧС. Если возгорание небольшое, то попытаться ликвидировать его самому. В противном случае в соответствии с планом пожарной эвакуации (рисунок 5.4) переместиться на безопасное расстояние от объекта и вызвать пожарных по номеру телефона 101.

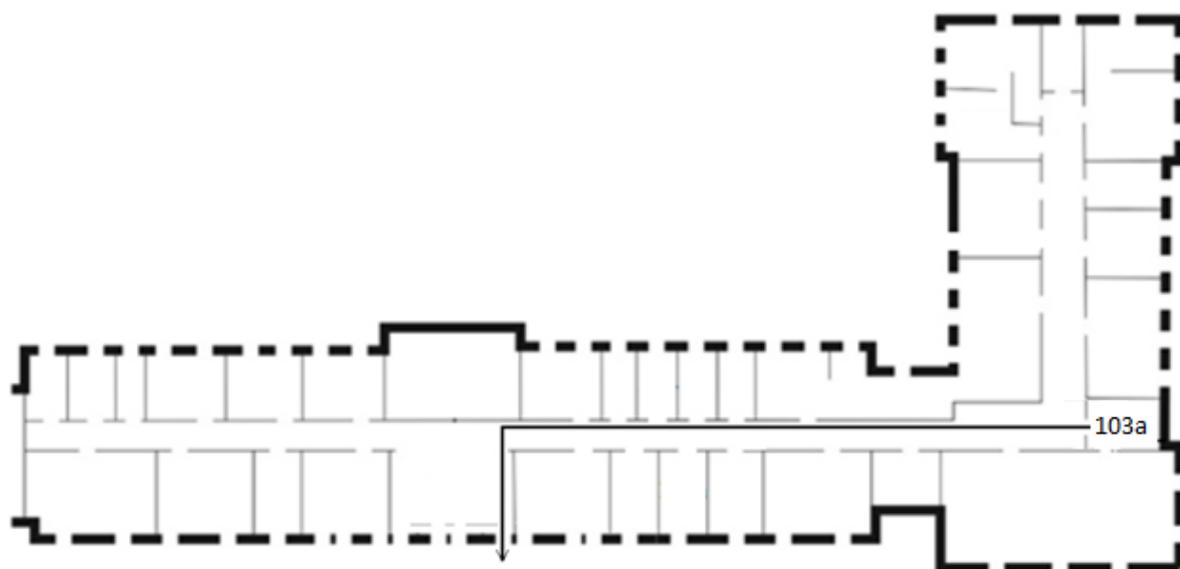


Рисунок 5.4 – План эвакуации при пожаре и других ЧС из десятого корпуса 103 ТПУ, первого этажа

Самое важное – обесточить все электроприборы и сохранять спокойствие при эвакуации из здания. В противном случае последствия ЧС могут только ухудшиться.

## 5.6 Выводы

В результате выполнения главы социальная ответственность данной магистерской диссертации были рассмотрены факторы способные оказать негативный эффект на работника, описаны методы и способы минимизации такого эффекта, а также вычислены текущие значения показателей рабочей среды для освещенности.

В результате выявлено, что используемое при выполнении научно-исследовательской работы пространство соответствует установленным нормам и требованиям, а также является достаточно комфортным чтобы не наносить вред человеку при использовании.

Рассмотрены характерные источники для возникновения ЧС в данных условия. Представлены мероприятия по снижению вероятности возникновения пожара, а также инструкции к действию при возникновении данного вида ЧС.

## Заключение

В результате выполнения магистерской диссертации спроектирована и разработана структура базы данных, разработан прототип САПР БПО, расширяющий возможности информационной системы, а также подробно описаны процессы, происходящие при разработке архитектурного проекта БПО КА.

Реализованные возможности повышают эффективность работы проектантов при разработке архитектурного проекта, а также улучшают процесс сопровождения предоставляя доступ к инструментам по работе с объектами предметной области.

Таким образом увеличивается уровень автоматизации при разработке БПО КА, уменьшая количество затраченного времени и повышая надежность всего решения.

Выполненные изменения являются частью доработок по модернизации функциональности САПР БПО в рамках договора между ФГАУ НИ ТПУ и ОАО ИСС имени академика Решетнёва.

## Список использованных источников

1. O'Neil E. J. Object/relational mapping 2008: hibernate and the entity data model (edm) //Proceedings of the 2008 ACM SIGMOD international conference on Management of data. –ACM, 2008. –С. 1351-1356.
2. Дьяченко А. Б., Ерохов П. М., Колташев А.А. Прагматичный подход к автоматизации проектирования и тестирования бортового программного обеспечения спутников // Системный анализ, управление и навигация: Тезисы докладов 17-й Междунар. науч. конф. М.: Изд-во МАИ. – 2012. – С. 76–77
3. Система менеджмента качества. Обеспечение бортовое программное. Управление проектированием, изготовлением и сопровождением // СТП 154-123–2014. – Железногорск: АО «ИСС» им. акад. М.Ф. Решетнева, 2014. –72 с.
4. Загрузка по требованию [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://developers.google.com/web/fundamentals/performance/lazy-loading-guidance/images-and-video/>
5. Международный стандарт «Социальная ответственность организации. Требования». 2011. URL: [www.ksovok.com/doc/ic\\_csr\\_08260008000\\_ru.doc](http://www.ksovok.com/doc/ic_csr_08260008000_ru.doc) (дата обращения 22.05.2019)
6. ГОСТ 12.2.032-78. «ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования».
7. ГОСТ 12.2.061-81. «ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности к рабочим местам».
8. СанПиН 2.2.4.548-96. «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы».
9. ГОСТ 12.1.003-83. «ССБТ. Шум. Общие требования безопасности».
10. СНиП 23-05-95. «Естественное и искусственное освещение».
11. ГОСТ 12.1.009-76. «Электробезопасность. Термины и определения».
12. ГОСТ 12.1.019-79. ССБТ «Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты».

13. Назаренко, Ольга Брониславовна. Безопасность жизнедеятельности: учебное пособие / О. Б. Назаренко, Ю. А. Амелькович; Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ).

14. СНиП 23-05-95. «Естественное и искусственное освещение».

15. Постановление Правительства РФ от 03.09.2010 N 681 (ред. от 01.10.2013) "Об утверждении Правил обращения с отходами производства и потребления в части осветительных устройств, электрических ламп, ненадлежащие сбор, накопление, использование, обезвреживание, транспортирование и размещение которых может повлечь причинение вреда жизни, здоровью граждан, вреда животным, растениям и окружающей среде // Консультант Плюс. 2015. [Электронный ресурс]. Режим доступа: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_104420/e1b31c36ed1083efeb6cd9c63ed12f99e2ca77ed/#dst100007](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_104420/e1b31c36ed1083efeb6cd9c63ed12f99e2ca77ed/#dst100007) (дата обращения: 27.05.2019).

16. СНиП 2.01.02-85\* Противопожарные нормы.

## Приложение А

### Раздел 2.2.2 Operations on objects using relationships

Студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8BM71	Рачкован О. А.		

Консультант отделения

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ОИЯ	Куркан Н. В.	-		

Научный руководитель

Должность	ФИОs	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОИТ	Цапко С. Г.	К. Т. Н.		

## **2.2.2 Operations on objects using relationships**

To reduce the load on the network and the consumed resources of the personal computer, the lazy loading is implemented in the CAD of onboard software.

Lazy loading is a technique that postpones the loading of non-critical resources during page load. Such non-critical resources are loaded when they are really needed.

The advantages of using this approach are to reduce the computing resources of the computer and download time of the entire application.

Since all data are stored on a remote server, the fact of using lazy loading reduces the speed of handling the resources because firstly, they need to be selected from the appropriate sources, and only then perform the required operation with them.

### **2.2.2.1 Object Search**

Search is the processing of a data set to identify a certain subset that matches the search criteria.

In CAD of onboard software, the search operation provides selecting of an object corresponding to the specified search criteria for different object types. There are 3 types of search operations:

1. object search by name (within one product);
2. search for the object in the product;
3. search for the reserves in selected objects in one or more products.

The search for objects is performed by using the corresponding class type. Such classes with the help of methods implement the work on obtaining the required entities from data sources. Also, each class inherits all the characteristics of more general class, namely, ServiceBase, which class diagram is shown in Figure 2.1.

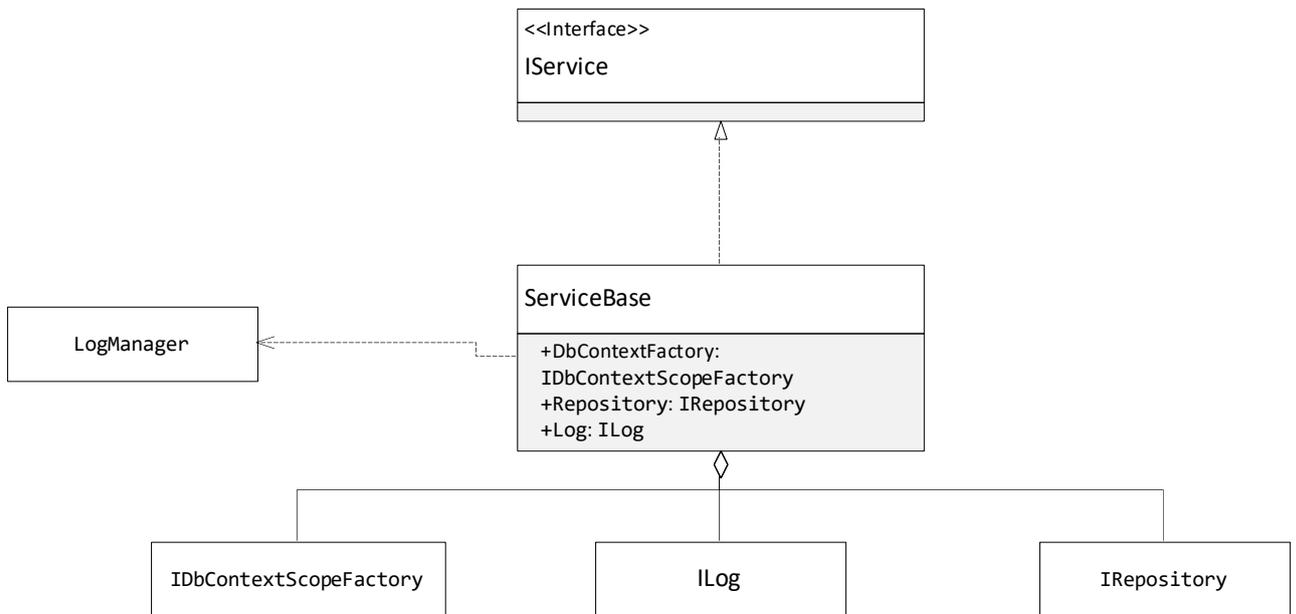


Figure 2.1 – ServiceBase class

ServiceBase is an implementation of the IServiceBase interface. The interface makes it possible to use several different implementations transparently for its user.

Using the property of the DbContextFactory class, the developer gains the access to the necessary context in the database by using ORM technology.

The Repository property provides access for basic database operations, such as:

- update;
- delete;
- add.

The Log property gives access to the logging class.

#### 2.2.2.1.1 Search object by name

The object search by name provides navigating through the tree of the selected product to the required object. This type of search is applied to all products available to the user and is carried out using the SearchService service class. Figure 2.2 shows the sequence diagram of the search operation algorithm.

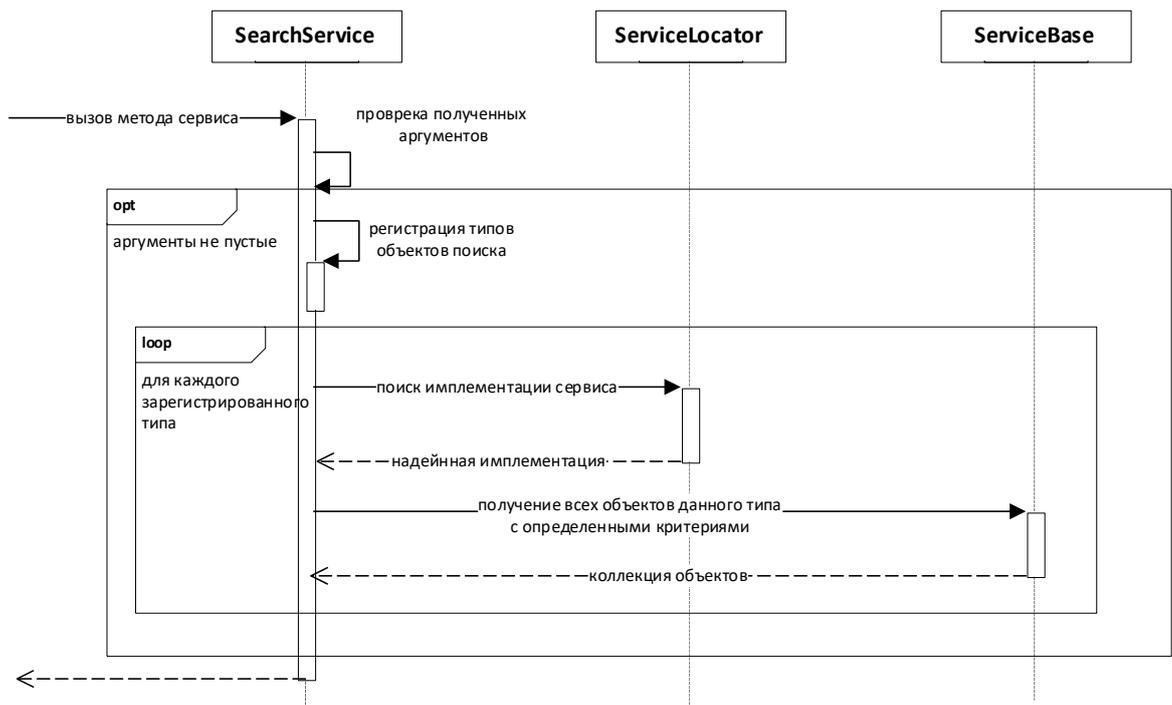


Figure 2.2 - algorithm of searching objects with specified criteria

### 2.2.2.1.2 Search for the object in a product

It provides identifying objects with which the selected object is associated.

For the search to function correctly, you must first set up a map of correspondences between the type of object selected by the user and the type logically associated with it. Also, due registering, you must specify a search limitation. The limitations parameter can take the following values:

- only in the selected object of product type;
- in all object of product type;
- in the objects entered.

This method is a member of the SearchService class and provides searching for entities related to the selected object.

For example, in Figure 2.3, the search algorithm is shown for all products where there is a system of the selected type.

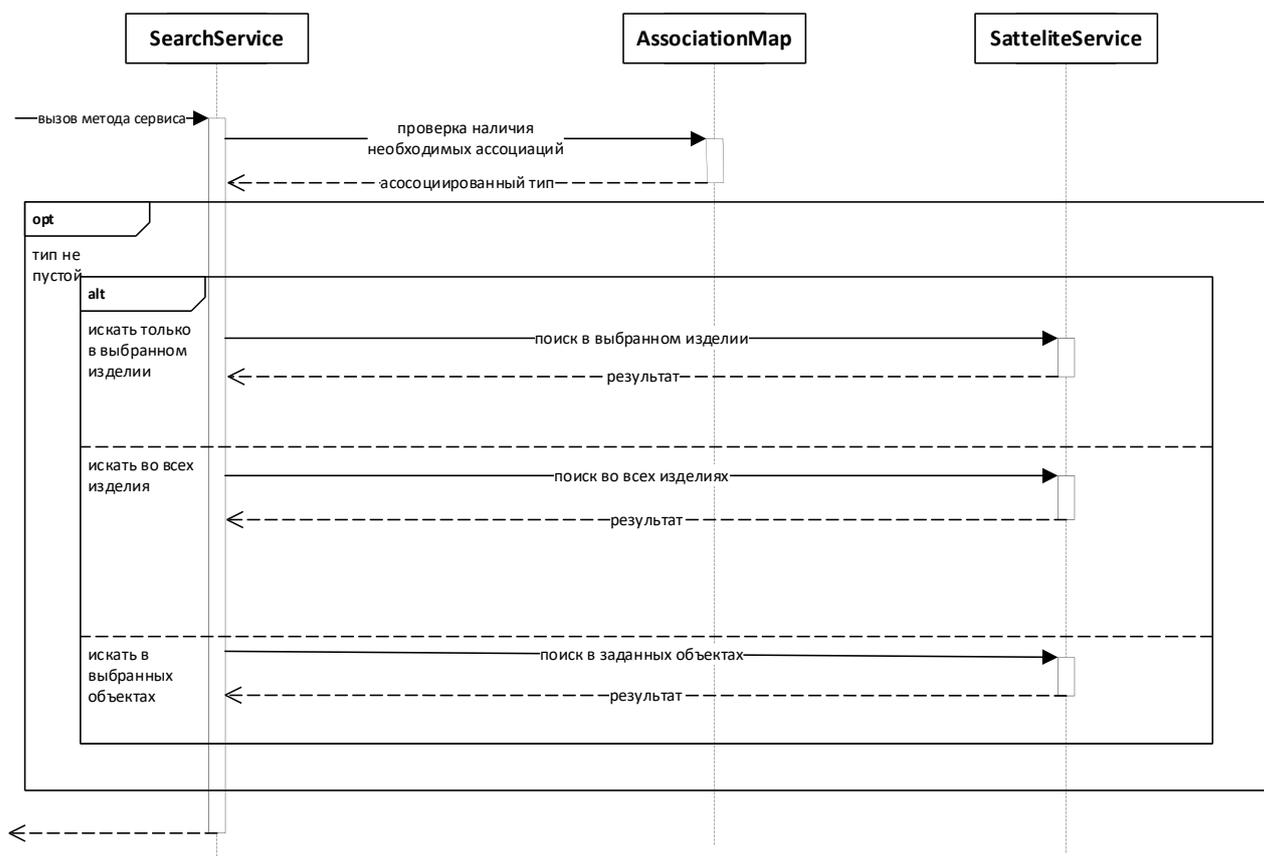


Figure 2.3 - algorithm of searching objects associated with the selected

### 2.2.2.1.3 Search for reserves

This operation searches for a specified number of consecutive reserves in various types of resources. As a result, it displays that reserves combined into blocks with reference to the form for their filling. The search can be performed for one product or for several ones. Each block consists of a given number of consecutive reserves, wherein reserves are combined into a block if and only if they are found in all given products and their positions are equal. The result of the execution is a list of found blocks with numbers of vacant positions.

There are 3 types of reserves search, namely:

1. search for reserves in numbered resources;
2. search for reserves in the fields of telemetric information (TMI);
3. search for reserves in commands.

In order to search for reserves in numbered resources the type of target numbered resource, the required number of consecutive reserves and the set of items to be searched must be specified.

To search for reserves in the fields of TMI, you must specify the number of consecutive reserves and the source as a set of chosen products. The search is performed on all systems of specified products.

The search for reserves in commands is carried out in all systems of these products. Input parameters are the required number of consecutive reserves and a list of products.

The FindReserve implements such behavior in SearchService class. To determine the type of reserve searching approach FindReserveOption parameter is introduced. The list of available FindReserveOption parameter values are:

- NumberedResource;
- TmiResource;
- Commands.

The sequence diagram describing the search for reserves is presented in Figure 2.4.

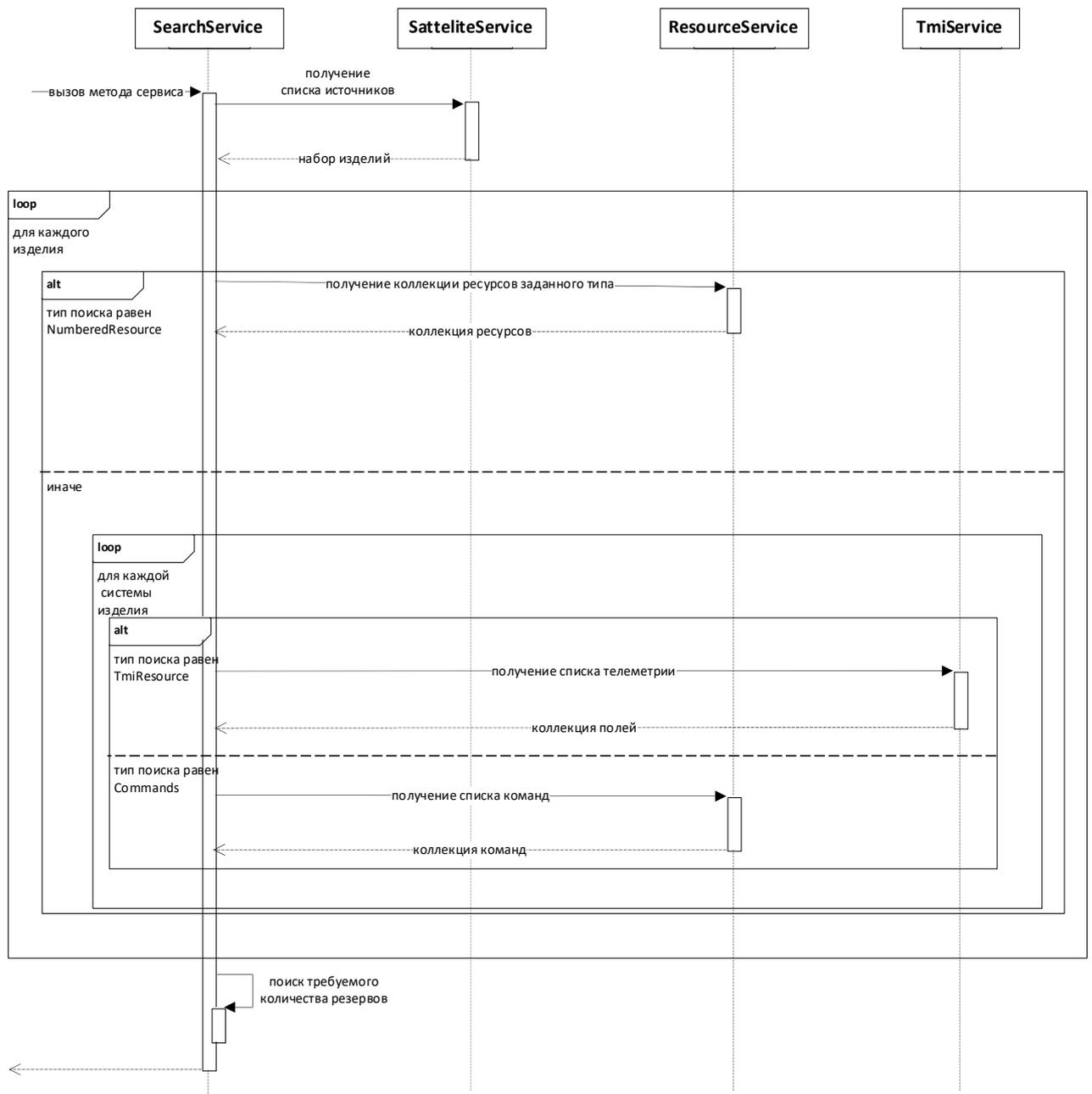


Figure 2.4 - Search algorithm of reserves

### 2.2.2.2 Comparing objects

Comparison is the operation of finding differences between objects of the same type.

Two objects are the same if and only if all their fields are equal, without considering nested elements. Complex objects are composite and can contain both complex and simple objects. If one of the children of a complex comparison object is not equal to a similar child of the comparison standard, then the result of the operation is negative, indicating that the objects are different.

The identifier based on which the fact that objects must be equal or not equal is determined is the property of the object - the name.

A naive way to implement a comparison involves alternating comparison of all the properties of elements with each other. The complexity of such an algorithm is  $O(n^k)$ , where k is the number of objects of comparison; n is the number of properties of the comparison.

Since the types of comparison objects can be not only simple objects without child elements, but also complex compound objects, the comparison operation can take a considerable amount of time to calculate the result. In order to reduce the load and reduce the time it takes to perform an operation, a new property the HASH is introduced for each element being compared. A hash is a string of limited size, for example, 32 characters, which is the result of a one-way hash function. Hashing is done over the sum of the object's meaningful properties. For example:

MD5 (Value1 + Value2 + Value3) = 87C98777D94F8F739343B59B7264829C

This value is calculated when creating and changing an object.

Subsequently, the comparison of complex objects is reduced to a comparison of the element hashes, instead of comparing each of its properties. If the hashes are identical, it can therefore be argued that the objects are also equal, and processing can go to the next pair. If the hashes are different, then it is necessary to proceed to the comparison of properties alternately in order to show what the difference is in detail.

The result of the operation is an xlsx file, where the objects are arranged in a row with a color designation for the added, deleted, and various property values. An example is presented in table 2.1.

Comparison standard		Comparison object	
Product (Василёк-1)		Product (Василёк-1)	
	Software СЭП		Software СЭП - absent
			Software СОС - added
	Software БКУ		Software БКУ
	PROGRAM task control		PROGRAM task control
	description (property)		description (property) – value is defferent
	Version (property)		Version (property)

Table 2.1 - Example of the result of comparing objects with the same type

The same objects are not marked with color. If one of the child objects of the comparison object is missing during the operation, then such object is marked in red with the addition of the corresponding mark. If the comparison object has an object that is not in the comparison standard, then such an object is marked in green and is added. If the structure of objects is the same, but the values of properties differ, then such an object is marked in blue.

Positions of objects and properties in the result file are saved to ensure convenient processing of the resulting data by the user.

The comparison operation algorithm is presented in the form of a sequence diagram in Figure 2.5.

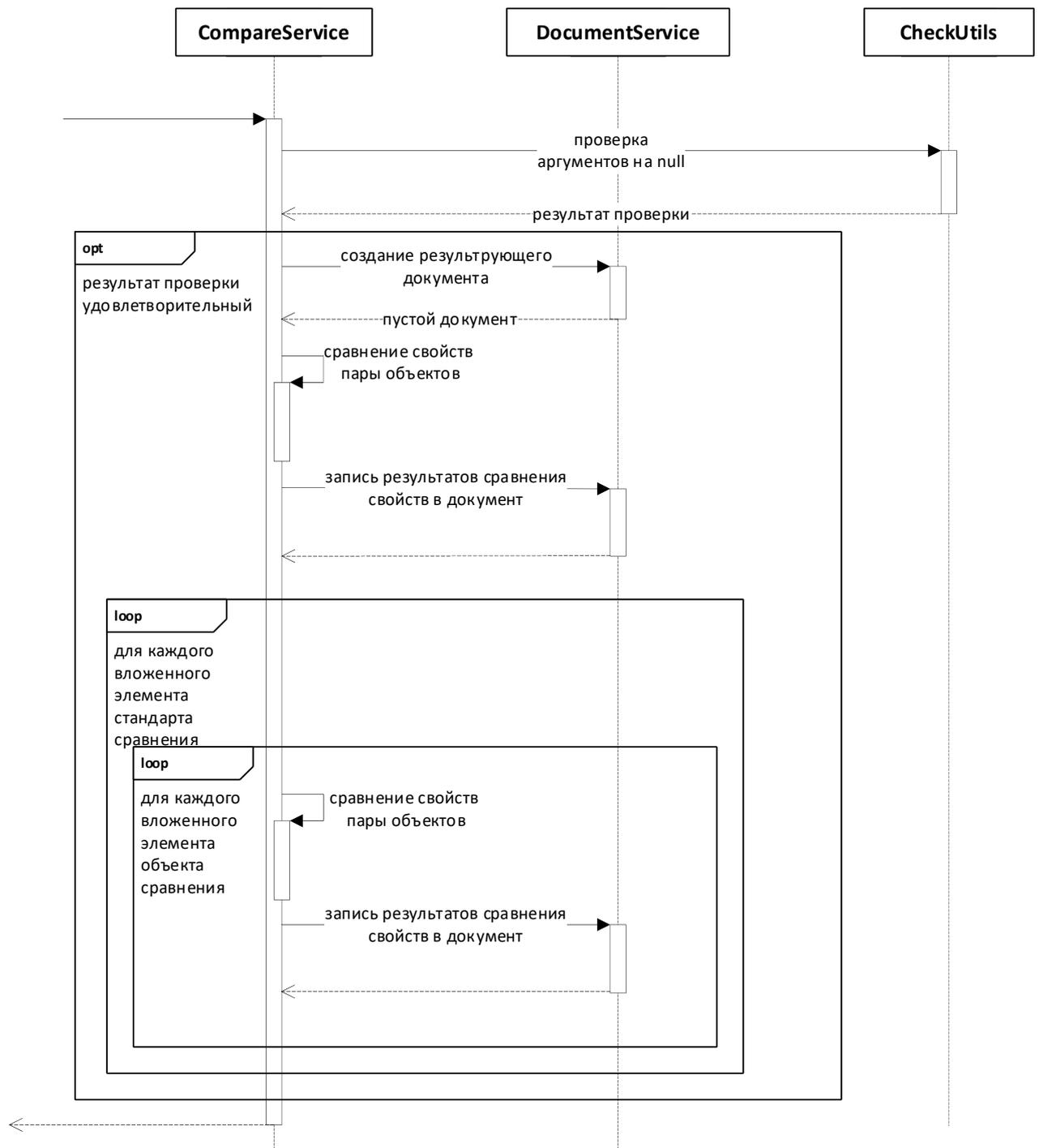


Figure 2.5 - Algorithm of comparing two objects with the same type

### 2.2.2.3 Copying objects

The copy operation is designed to create a copy of the object, or its parts in the clipboard, and then paste it into the target object.

During the copy operation, all nested structures are also copied. For example, when copying an item, the nested items will also be copied.

The copying mechanism is implemented as follows: each object of the architectural project has an additional *parentId* field. If the object was not copied, but created manually, then the value of this field is *null*, otherwise the field is filled with identifier of original parent object.

The copy operation is supported by a certain number of objects, each of which has an architectural configuration specific to it, among them:

- the number of allocated resources;
- composition and structure of nested elements;
- dependencies on external objects (for example, functional requirements).

When copying an object, the recipient may not meet the requirements of the copied object. Even though resources are allocated for each object with a small margin, they may not be enough. Moreover, since the resources for each object are determined with an accuracy of an address, piece or position, copying a new element will require recalculation of the distribution of all satellite resources.

In accordance with this, the copying process consists of two stages:

- 1) start copying - copying an object;
- 2) completion of copying - primary compatibility check.

The first stage performs the actual copying of the selected object.

The second stage performs a primary check on whether the target object meets the requirements of the copied one (presence of necessary types of resources), whether there are no conflicts when copying (for example, the names of the copied objects), whether the amount of resources of the required type is sufficient.

The copied element is an independent copy and can be changed safely, that is, without creating any effects on the parent object. However, ID key field must be re-generated in order to avoid conflicts.

The sequence diagram describing the object copying algorithm is presented in Figure 2.6.

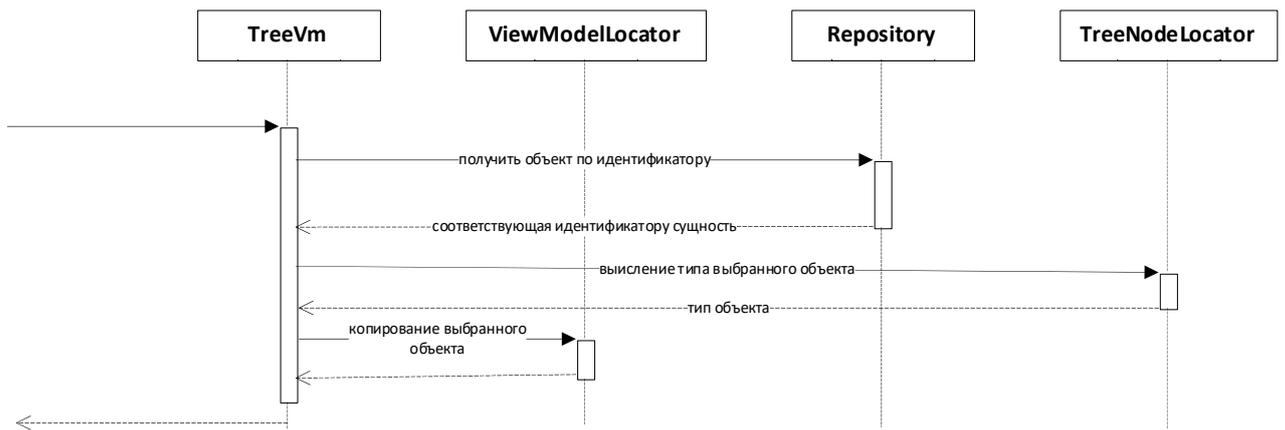


Figure 2.6 - Object copy algorithm

The sequence diagram for the insertion algorithm is presented in Figure 2.7.

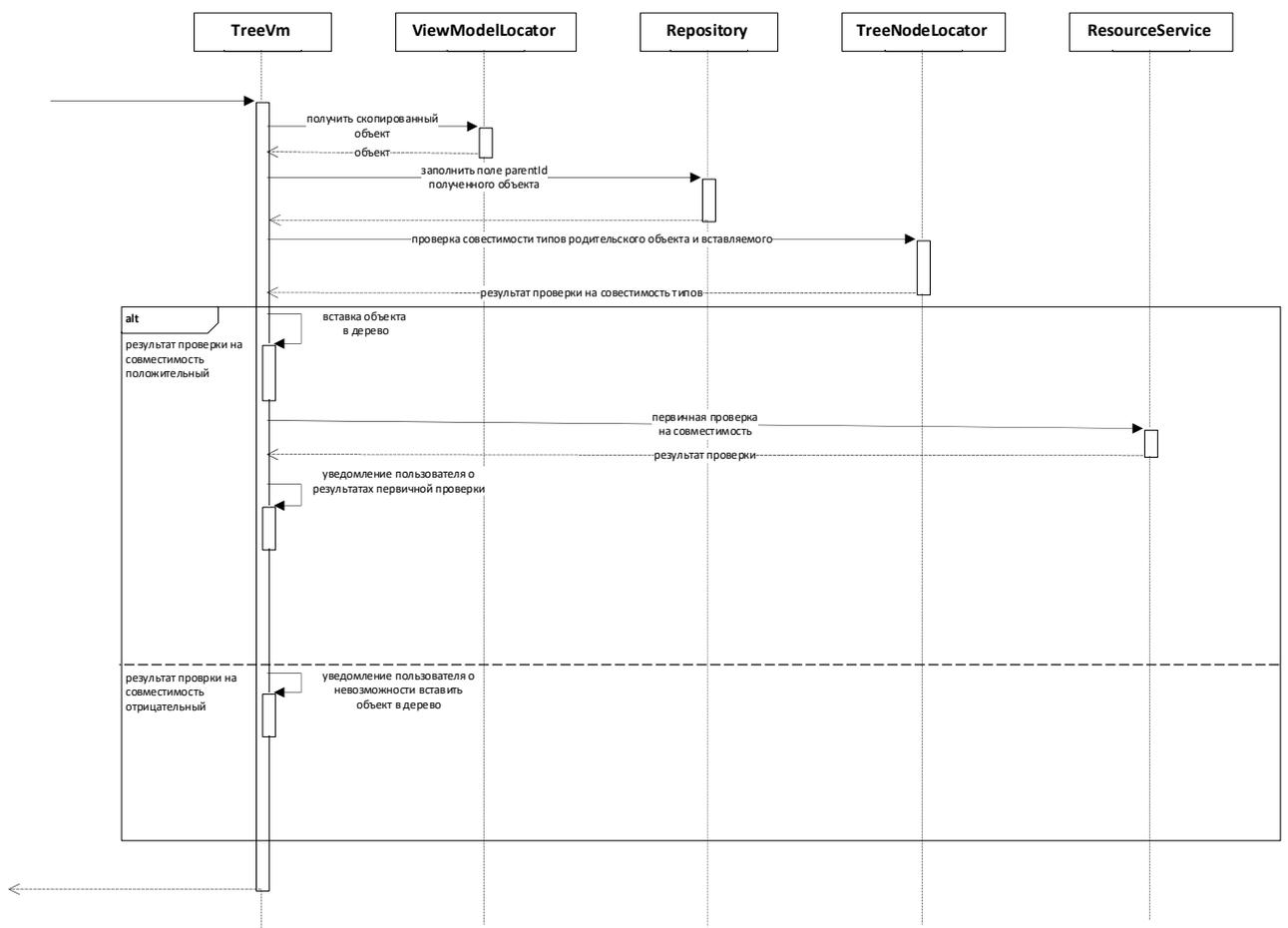


Figure 2.7 - Object insertion algorithm