

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Московский государственный технологический университет «СТАНКИН»
Кафедра информационных технологий и вычислительных систем

На правах рукописи



СИДОРОВ АНТОН СЕРГЕЕВИЧ

**РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ ИНТЕГРАЦИИ ОПИСАНИЙ МОДЕЛЕЙ
ДЛЯ ПРОЕКТИРУЕМЫХ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ И
СРЕДСТВ ИХ ПОДДЕРЖКИ**

Специальность: 2.3.1 Системный анализ, управление и обработка
информации, статистика

Диссертация на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Научный руководитель
Новоселова Ольга Вячеславовна
к.т.н., доцент

Москва 2024

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
ГЛАВА 1. АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ ПОДХОДОВ, МЕТОДОВ И ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ СРЕДСТВ ИНТЕГРАЦИИ МОДЕЛЕЙ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ	10
1.1 Исследование особенностей проблемной области.....	10
1.2 Анализ существующих методологий и методов, позволяющих формировать модели АС	14
1.3 Анализ инструментальных средств формирования моделей АС.....	27
1.4 Выводы по первой главе.....	39
ГЛАВА 2. РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ ИНТЕГРАЦИИ ОПИСАНИЙ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ПРОЕКТИРУЕМЫХ АС.....	42
2.1 Формальное описание моделей в соответствии с МАИТ	42
2.2 Основные положения интеграции моделей для проектируемых АС ...	46
2.3 Алгоритм интеграции моделей для проектируемых автоматизированных систем	50
2.4 Разработка формального описания интеграций моделей для проектируемых автоматизированных систем по компонентам	56
2.5 Разработка формального описания интеграций спецификаций.....	63
2.6 Разработка формального описания интеграции диаграмм	68
2.7 Выводы по второй главе.....	83
ГЛАВА 3. РАЗРАБОТКА МЕТОДИК ИНТЕГРАЦИИ ОПИСАНИЙ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ПРОЕКТИРУЕМЫХ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ.....	85

3.1 Методики формирования моделей МАИТ	85
3.2 Основные положения методики интеграции описаний моделей МАИТ	96
3.3 Методика интеграции табличных описаний, представленных в виде спецификаций	100
3.4 Методика интеграции графических описаний, представленных в виде диаграмм	109
3.5 Выводы по третьей главе.....	120
ГЛАВА 4. ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ЗАДАЧИ	122
4.1 Общее описание программного комплекса.....	122
4.2 Программно-техническая среда и средства реализации	125
4.3 Организация программного обеспечения.....	127
4.4 Апробация результатов диссертационного исследования.....	131
4.5 Выводы по четвертой главе	148
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	149
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	152
Приложение А – Пример использования модулей, поддерживающих методы интеграции описаний моделей, формируемых на этапах предпроектного обследования и проектирования АС.....	168
Приложение Б – Свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ	187
Приложение В – Справки об использовании результатов диссертационного исследования	189

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность. Стратегия развития информационного общества в Российской Федерации на 2017 – 2030 годы, утвержденная Указом Президента Российской Федерации от 09 мая 2017 г № 203, определяет основные направления развития внутренней и внешней политики Российской Федерации в сфере применения информационных и коммуникационных технологий.

Развитие технологий сбора и обработки данных, обмена и управления ими содействует появлению новых технологий разработки программного обеспечения и автоматизированных систем, способов представления данных, характера их обработки в вычислительной среде, методов моделирования, инструментальных средств и др.

Современные технологии разработки автоматизированных систем (далее – АС) определяют создание системы как итерационный процесс, при котором первоначально разработанный прототип постепенно развивается за счет последовательного дополнения его новыми функциями. Каждая новая функция может выступать в качестве модуля АС или же самостоятельной автоматизированной системы. Однако, для обеспечения целостности разрабатываемой АС на комплекс задач, необходимо производить интеграцию в нее этих модулей или АС. Результатом интеграции является автоматизированная система, включающая совокупность взаимоувязанных модулей или АС, в которой функционирование одной из них зависит от результатов функционирования другой (других).

В связи с увеличением объема и сложности автоматизированных систем, необходимостью обеспечить их качество, появлением групп специалистов для каждого этапа создания автоматизированной системы возникла потребность в

разработке методов моделирования предметных задач (далее – ПЗ) и в реализующих их инструментальных средствах. Методы, как правило, объединены в рамках какой-либо методологии, определяющей концепцию, основные правила и механизмы моделирования. В современном мире большинство методологий и методов поддерживаются программными средствами в вычислительной среде, которые являются инструментами моделирования для разработчиков автоматизированных систем.

В большинстве своем методы моделирования не предполагают интеграцию однородных описаний моделей и данный процесс явно не выделяется. В связи с этим, проблема интеграции описаний моделей для проектируемых автоматизированных систем и средств ее поддержки является актуальной задачей.

Степень разработанности темы. Вопросы, связанные с моделированием и проектированием автоматизированных систем, затрагивали как отечественные ученые: Ю.М. Соломенцев, Г.Д. Волкова, С.П. Никоноров, М.С. Каменнова, А.Г. Теслинов, А.Т. Гурьев, А.М. Вендров, Г.Н. Калянов, В.Д. Паронджанов и др., так и зарубежные: Г. Буч, И. Якобсон, Алан Б. Прицкер, Дж. Рамбо, Д. Парнас, Ф. Крюштен и др.

Разработанная на кафедре «Информационных технологий и вычислительных систем» МГТУ «СТАНКИН» методология автоматизации интеллектуального труда (далее – МАИТ) профессором, доктором технических наук Волковой Г.Д., в основе которой лежит когнитивный подход, поддерживает промышленный способ создания автоматизированных систем. Методология получила развитие в научных трудах Новоселовой О.В., Семячковой Е.Г., Бычковой Н.А., Щукина М.В., Володина Д.А., Сироты И.М., Тюрбеевой Т.Б., Гаврилова А.Г. и др.

В настоящее время уже разработано теоретическое и методическое обеспечение для формирования начальных, концептуальных, инфологических моделей в МАИТ. Как правило, при проектировании автоматизированной системы комплекс предметных задач декомпозируют на более простые задачи и отдельно выполняют формирование модели для комплекса и для каждой

предметной задачи. Далее для получения единой обобщенной модели автоматизированной системы, описывающей решение предметной задачи комплекса, необходимо последовательно интегрировать однородные описания моделей предметных задач в обобщенную модель комплекса. В методологии автоматизации интеллектуального труда была теоретически описана возможность интеграции моделей по каждой составляющей, однако методы интеграции графических (диаграммы) и табличных (спецификации) описаний не были разработаны.

Целью работы является повышение эффективности проектирования АС за счет разработки методов интеграции описаний моделей предметных задач, подлежащих автоматизации, и средств их поддержки на этапах предпроектного обследования и проектирования автоматизированных систем.

Задачи исследования:

– исследование подходов к созданию АС и анализ существующих методологий и методов формирования моделей таких систем, а также инструментальных средств их поддержки;

– разработка методов интеграции описаний моделей, формируемых на этапах предпроектного обследования и проектирования АС;

– разработка методик интеграции табличных (спецификаций) и графических (диаграмм) описаний моделей;

– разработка и апробация набора программных модулей, поддерживающих методы интеграции описаний моделей.

Объект исследования – модели автоматизированных систем, формируемые на этапах предпроектного обследования и проектирования.

Предметом исследования является процесс интеграции моделей, описываемых в виде спецификаций и диаграмм.

Научная новизна:

– установлены взаимосвязи между характеристиками локальных и обобщенных моделей, формируемых на разных этапах разработки

автоматизированных систем, а также разного вида их описаний – графических (диаграмм) и табличных (спецификаций);

– разработано унифицированное формальное описание элементов и связей моделей АС (начальной, концептуальной, инфологической) и форм их представления (диаграммы и спецификации);

– разработано формальное описание интеграции для разного вида описаний моделей;

– разработаны алгоритмы интеграции описаний моделей, формируемых на этапах предпроектного обследования и проектирования автоматизированных систем;

– разработаны методы интеграции описаний для информационных и функциональных составляющих начальных моделей; для динамических и статических составляющих концептуальных моделей; для функциональных, динамических и статических составляющих инфологических моделей.

Теоретическая значимость исследования. Разработанные теоретические положения являются развитием методологии автоматизации интеллектуального труда, расширяют исследования в области интеграции моделей и их описаний при создании автоматизированных систем и могут быть использованы при автоматизации процессов проектирования и разработки автоматизированных систем различного назначения.

Практическая значимость исследования. Разработанные методики интеграции графических (диаграмм) и табличных (спецификаций) описаний моделей, формируемых на этапах предпроектного обследования и проектирования АС, обеспечивают формирование единого описания комплекса предметных задач для начальной, концептуальной и инфологической моделей из отдельных подзадач. Это помогает определять «точки расширения» функциональности АС, а также способствует устранению дублирования элементов статической структуры при развитии (расширении) системы.

Разработанные программные модули, поддерживающие методы интеграции описаний моделей, формируемых на этапах предпроектного обследования и проектирования АС, позволяют выполнять интеграцию описаний моделей в виде диаграмм и спецификаций по автоматизированной технологии.

Методы исследования. В работе использовались теория множеств, теория графов, математическая логика, аппарат системного анализа и системный подход, методы начального, концептуального и инфологического моделирования.

Соответствие паспорту специальности. Научная работа соответствует формуле научной специальности 2.3.1 Системный анализ, управление и обработка информации, статистика в пунктах 2, 4, 5.

Положения, выносимые на защиту:

- унифицированное формальное описание элементов и связей моделей АС (начальной, концептуальной, инфологической) и форм их представления (диаграммы и спецификации);
- формальное описание интеграции для разного вида описаний моделей;
- методы интеграции описаний моделей, формируемых на этапах предпроектного обследования и проектирования АС;
- методики интеграции описаний моделей, формируемых на этапах предпроектного обследования и проектирования АС;
- набор программных модулей, поддерживающих методы интеграции описаний моделей, формируемых на этапах предпроектного обследования и проектирования автоматизированных систем.

Апробация работы и степень достоверности результатов. Достоверность и апробация результатов подтверждается соответствием теоретических и практических результатов, а также созданием программных модулей на основе разработанных методов и методик интеграции описаний моделей.

Результаты диссертационного исследования были представлены на российских и международных конференциях: на всероссийской научной конференции «Информационные технологии в моделировании и управлении: подходы, методы, решения» в 2017, 2019, 2021 годах, Тольятти; на Международной научно-технической конференции ISMTMTE в 2019, 2020, 2021 годах, Севастополь; на X Всероссийской научно-практической конференции «ИТиАУ» в 2019 году, Омск; на 5-й Всероссийской научно-технической конференции с международным участием «Перспективы развития технологий обработки и оборудования в машиностроении», Курск 2020; на VI Международной научно-практической конференции (школа-семинар) молодых ученых «Прикладная математика и информатика: современные исследования в области естественных и технических наук», Тольятти, 2020.

Научные исследования также проводились в рамках проекта по гранту Российского фонда фундаментальных исследований № 17-29-07057 «Разработка методов реструктуризации и интеграции для семантических и синтаксических представлений при создании систем автоматизации процессов проектирования и управления». Получены свидетельства о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2021616009, № 2021616067 от 15 апреля 2021 г.

Публикации по теме работы. По теме диссертации опубликовано 19 научных работ, в том числе: 3 научные работы в изданиях, рекомендованных ВАК РФ; 3 научные работы в изданиях, входящих в базы данных Scopus и Web of Science; 2 свидетельства о государственной регистрации программы для ЭВМ.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы и приложений. Содержит 191 страницу сквозной нумерации, включая 24 страницы приложений, 127 рисунков и 7 таблиц. Список литературы содержит 117 наименований.

ГЛАВА 1. АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ ПОДХОДОВ, МЕТОДОВ И ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ СРЕДСТВ ИНТЕГРАЦИИ МОДЕЛЕЙ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ

1.1 Исследование особенностей проблемной области

В настоящее время создано огромное количество АС и программных комплексов, направленных на автоматизацию деятельности человека, и немалая часть играет жизненно-важную роль в информационном обеспечении процессов, происходящих в различных организациях. Под АС будем понимать систему, состоящую из персонала и комплекса средств автоматизации его деятельности, реализующей информационную технологию выполнения установленных функций, в частности автоматизированные системы управления технологическими процессами, управления предприятиями, системы автоматизированного проектирования [1, 2, 3].

Однако эволюция информационных технологий не стоит на месте и постоянно изменяющиеся требования рынка, предприятий, бизнеса к разработке сложных систем, состоящих из совокупности двух или более взаимоувязанных АС, сформировали необходимость декомпозиции сложной автоматизируемой задачи на подзадачи и разработке АС на каждую из них отдельно. Поэтому при разработке сложных систем сначала выполняется автоматизация для каждой задачи индивидуально, а в дальнейшем стоит вопрос об их интеграции в единую АС, решающую комплекс задач.

Интеграция АС – это объединение систем в единую АС, в которой функционирование одной из них зависит от результатов функционирования другой (других).

Процесс интеграции АС может проводиться на двух этапах:

- на этапе проектирования инвариантных моделей, где подразумевается слияние описаний моделей автоматизированных систем;
- на этапе реализации АС, где осуществляется интеграция модулей систем (подсистем) в единый комплекс.

Интеграция как правило выполняется на этапе реализации автоматизированных систем, где можно выделить два вида интеграции: интеграция разрабатываемых модулей в рамках одной АС и интеграция различных АС в единый комплекс. При этом интеграция модулей в одну АС и интеграция различных автоматизированных систем имеют одинаковые принципы интеграции. Виды интеграций на этапе реализации АС представлены на рисунке 1.1.

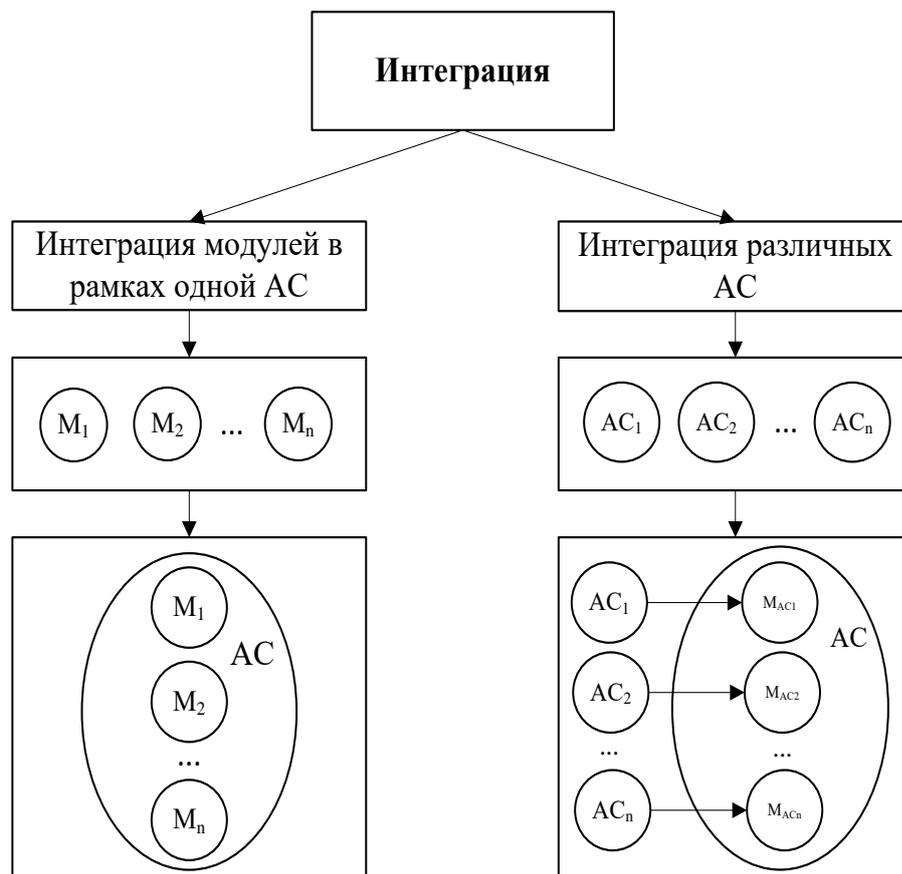


Рисунок 1.1 – Интеграция на этапе реализации АС

Следует отметить, что развитие технологий создания сложных систем и необходимость обеспечить интероперабельность программ и автоматизированных систем исторически определили два метода интеграции:

– обеспечение взаимодействия (обмена данными) между автоматизированными системами посредством разработки интерфейсов для каждой пары систем. При этом может возникнуть ситуация, когда интерфейсы одной АС могут быть объединены из-за пересечения функций;

– обеспечение взаимодействия между автоматизированными системами посредством реализации промежуточного программного обеспечения, которое обеспечивает обмен данными и интерфейс взаимодействия между всеми подключенными к нему системами. При этом увеличение функциональности комплекса – интеграции новой АС, осуществляется с наименьшими затратами за счет добавления интерфейса и установления связей с промежуточным программным обеспечением, не затрагивая уже интегрированные АС.

Эволюция методов интеграции представлена на рисунке 1.2.

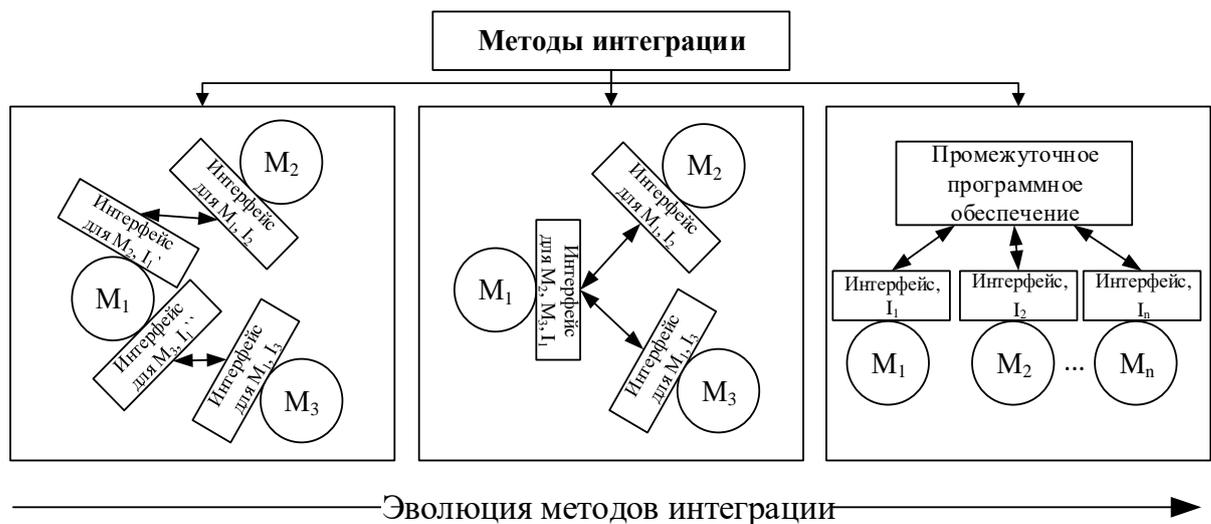


Рисунок 1.2 – Эволюция методов интеграции

Исследование вопроса интеграции на этапе проектирования инвариантных моделей выявило следующее:

1. Для лучшего понимания организации процессов и структуры информации в вычислительной среде, установления взаимопонимания между предметными специалистами и заказчиком, аналитиками и разработчиками, обеспечения должного качества этих систем, сокращения времени их

разработки, рациональности использования ресурсов, в том числе человеческих и финансовых, возникла потребность в построении моделей систем [2-7].

2. Для моделирования предметных задач и АС используют специальные методы и методологии. При этом следует отметить, что методология включает в себя методы, а также основные правила и механизмы моделирования [8].

Сформированные на этапах развития различных подходов к проектированию АС и программированию: структурного, объектно-ориентированного (далее – ООП), когнитивного, каждый метод или методология основывается на концепции подхода, в рамках которого он(она) появился(лась). Для структурного – функциональная декомпозиция, для объектно-ориентированного – объектная декомпозиция. Когнитивный подход основывается на многоуровневом представлении событий и явлений реального мира, что позволяет одновременно отразить как сложную многоуровневую информационную структуру, так и структуру процессов разного типа [8-13].

3. Интеграция возникает, когда при проектировании АС комплекса задач для упрощения процесса моделирования его декомпозируют на простые задачи. Далее модель формируется для каждой задачи отдельно и для получения единого описания моделируемой АС, решающей комплекс предметных задач, выполняется интеграция описаний моделей задач в описание комплекса задач.

4. Интеграция на этапе проектирования инвариантных к среде реализации моделей автоматизированных систем, когда необходимо сформировать единую модель для сложной задачи, включающей описания всех ее подзадач, не изучена. Предположительно интеграция на данном этапе также должна обладать многоуровневым характером, так как необходимо интегрировать как однородные задачи в рамках одного процесса, так и разнородные задачи различных процессов.

1.2 Анализ существующих методологий и методов, позволяющих формировать модели АС

Проведем анализ популярных методов и методологий и рассмотрим возможность наличия процедуры интеграции, а также в случае наличия выявленных механизмов интеграции - возможность их использования для разработки метода интеграции моделей.

В анализе учитываются следующие критерии: подход к проектированию; моделирование составляющих; сложность освоения; наглядность моделей, этапы жизненного цикла, на которых применим метод; класс задач; программные продукты, поддерживающие нотацию; наличие процедуры интеграции однородных описаний моделей.

К методам и методологиям, позволяющим формировать модели АС, можно отнести следующие:

- Методология автоматизации интеллектуального труда (далее – МАИТ);
- Методология Integrated DEFinition (далее – IDEF);
- Диаграмма потоков данных или Data Flow Diagram (далее – DFD);
- Unified Modeling Language (далее – UML);
- Business Process Model and Notation (далее – BPMN);
- Методология Architecture of Integrated Information Systems (далее – ARIS);
- Дружелюбный русский алгоритмический язык, который обеспечивает наглядность (далее – ДРАКОН).

МАИТ. Методология автоматизации интеллектуального труда поддерживает промышленный способ создания автоматизированных систем [14-16]. В основе методологии лежит когнитивный подход, сущностью которого является многоуровневое представление событий и явлений реального мира, где каждый уровень образован триадой функциональных

центров – контекстуального, структурного и монадического – и связью уровней на основе закона цикличности [9, 10, 12, 14 - 17].

Процесс создания АС по МАИТ, представленный на рисунке 1.3, содержит следующие этапы: предпроектное обследование, проектирование АС, подготовка реализации АС, реализация АС и опытная эксплуатация. В результате выполнения каждого из этапов формируются модельные представления – начальное, показывающее процесс решения ПЗ; концептуальное, раскрывающее структуру системы знаний о предметной области; инфологическое – определяющее проект АС, инвариантный к программно-технической среде и средствам реализации и даталогическое – проект АС, ориентированный на фиксированные программно-техническую среду и средства реализации [15, 16, 18 - 25].

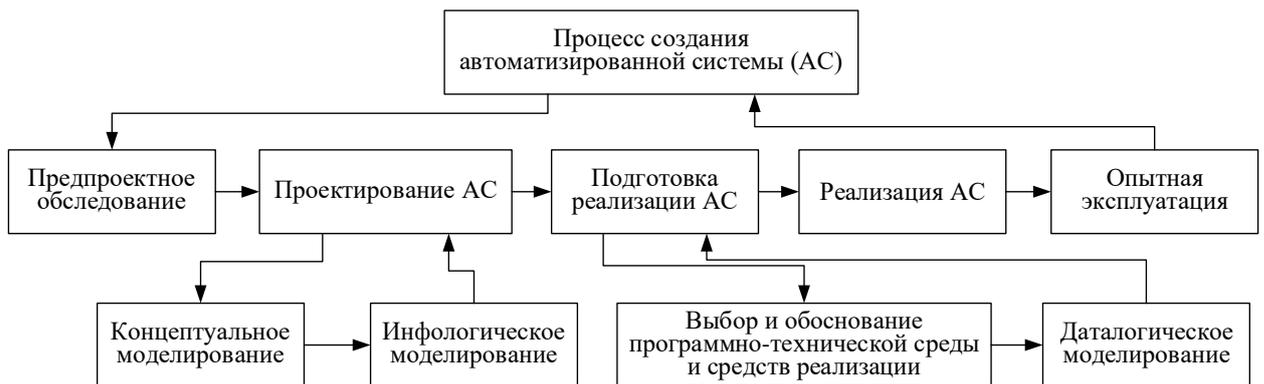


Рисунок 1.3 – Процесс создания АС по МАИТ

Каждый этап моделирования состоит из набора процедур:

- формирование обобщенной модели на комплекс задач (далее – ФО);
- формирование локальной модели текущей задачи комплекса (далее – ФЛ);
- анализ локальной модели текущей задачи (далее – АНЛ);
- аналитическая обработка локальной модели текущей задачи (далее – АНЛ);
- синтез локальной модели текущей задачи с обобщенной моделью (далее – СОЛ);

- аналитическая обработка обобщенной модели (далее – АНО);
- документирование сформированных модельных представлений (далее – ДО) [26].

Следует отметить, что в МАИТ была заложена возможность интеграции моделей АС, формируемых на каждом этапе, однако процедуры и методы не были разработаны [22-24].

Каждая модель на каждом этапе включает описание составляющих, характеризующих различные аспекты системы: информационную (или статическую), функциональную или/и динамическую, модель в целом. Информационная (или статическая) составляющая описывает состав и структуру статических элементов модели. Функциональная составляющая – алгоритм действий, выполняемых в рамках ПЗ. Динамическая составляющая описывает состав и структуру ограничений на статическую структуру и доступов к ней. Модель в целом определяет увязку функциональной или/и динамической и информационной или статической составляющих [22-24]. Набор составляющих в рамках модельных представлений приведен на рисунке 1.4.

Этапы Составляющие	Начальное моделирование	Концептуальное моделирование	Информационное моделирование
Статическая (информационная) составляющая	+	+	+
Функциональная составляющая	+		+
Динамическая составляющая		+	+
Увязка составляющих	+	+	+

Рисунок 1.4 – Состав процесса проектирования АС по МАИТ

Описание для каждой из составляющих модели формируется в виде спецификаций и специальных диаграмм, что позволяет представить модель АС в более удобном и понятном виде.

Для построения диаграмм функциональной и динамической составляющих используются следующие элементы: блоки, определяющие

действие или альтернативу, и стрелки, обозначающие связи между блоками и отображающие последовательность их выполнения. Диаграмма статической составляющей представляет многоуровневую иерархическую конструкцию. При построении диаграмм статической составляющей блоки отражают информационные элементы структуры, а стрелки фиксируют связи между блоками. Матричная диаграмма показывает взаимосвязь структуры действий и статической структуры. Данное табличное описание формирует представление об информационном содержании выполняемого процесса, учитывающее характеристики в действиях и их роль (функция, атрибут, атрибут по умолчанию).

Данная методология имеет следующие инструментальные средства поддержки: ИС-2, Model, Concept, Infology.

Методология IDEF. IDEF – принадлежит к семейству методологий Integrated Computer-Aided Manufacturing. IDEF предназначена для решения задач, связанных с моделированием сложных АС. Данная методология позволяет отображать и анализировать модели деятельности широкого спектра сложных АС в различных разрезах, при этом степень глубины описания процессов АС определяется самим специалистом [27-29].

Рассмотрим наиболее часто используемый метод из методологии IDEF - IDEF0. Данный метод относится к структурному подходу моделирования, позволяет моделировать функциональную составляющую [27]. IDEF0 предназначен для формализации и описания бизнес-процессов, для моделирования широкого класса АС [26, 29].

При проектировании АС метод IDEF0 используется для определения требований к АС, указания и анализа функций АС, отображения механизмов, посредством которых эти функции выполняются [30].

Модель АС, построенная в соответствии с методом IDEF0, состоит из иерархически упорядоченного набора взаимосвязанных диаграмм, текста документации и словарей [27, 28, 30].

Для построения диаграмм, метод IDEF0 включает следующие компоненты: блоки, которые обозначают работы или бизнес-функции; дуги, которые связывают между собой работы и отображают взаимодействия и взаимосвязи между ними [28, 31].

В IDEF0 рассматриваются логические отношения между блоками (работами), а не их временная последовательность. Это позволяет смоделировать логику и взаимодействие процессов. IDEF0 делает акцент на соподчинённость объектов, применяя принцип декомпозиции: разбиение сложного процесса на составляющие его функции [28, 31].

Следует отметить, что IDEF0 модели несут в себе сложную и концентрированную информацию, что вызывает перегруженность модели. Поэтому требуется определенная подготовка для разработки и чтения нотации. Описание данного метода не предполагает интеграцию моделей, сформированных с помощью IDEF0.

Существует множество инструментальных средств, поддерживающих метод IDEF0. К таким можно отнести CA ERwin Data Modeler, Business Studio, Microsoft Visio и другие.

DFD. Метод DFD, относящийся к методам графического структурного анализа, соответствующий структурному подходу. С помощью DFD проводится структурный анализ и проектируются АС [32].

Основной целью DFD является визуализация процесса передачи объектов (информации) между участниками этого процесса, как внутри проектируемой АС, а также между АС и внешним миром. Данный метод демонстрирует как у каждого процесса происходит преобразование своих входных данных в выходные, а также позволяет выявить отношения между процессами [32].

Построение модели в соответствии с методом DFD базируется на принципе декомпозиции. Диаграмма состоит из четырех элементов: внешних сущностей, процессов, хранилищ данных и потоков данных. DFD-модель

включает в себя три взаимосвязанных документа: диаграммы, спецификации и словарь данных [32-36].

DFD модель, помимо описания функциональной составляющей системы, содержит также сведения об информационной. Совокупность хранилищ данных является первоначальной моделью базы данных: определяет состав и структуру информации [32].

DFD модели могут применяться специалистами при физической интеграции АС, так как они показывают процессы передачи информации между участниками, однако описание нотации не предполагает интеграцию на логическом уровне – интеграцию самих DFD моделей.

DFD используют для создания моделей информационного обмена организации, например, модели документооборота, а также при построении корпоративных информационных систем [32].

DFD поддерживается многими инструментальными средствами, например, такими как Creately, EdrawMax, CA ERwin Data Modeler, Microsoft Visio, Business Studio и другие [32-37].

UML. UML является унифицированным графическим языком моделирования и используется для описания, визуализации, проектирования и документирования широкого спектра (областей) сложных АС на основе объектно-ориентированного подхода. UML позволяет организовать взаимосвязь концептуальных и программных понятий, отразить проблемы масштабирования сложных систем. Модели, сформированные в соответствии с UML, используются на всех этапах жизненного цикла АС [34, 38].

UML обеспечивает описание трех составляющих модели АС: функциональную составляющую, определяющую функциональные требования к системе (диаграмма вариантов использования); статическую составляющую, описывающую объекты, атрибуты, отношения и операции (диаграмма классов); динамическую составляющую, показывающую взаимодействие объектов и изменения внутреннего состояния объектов (диаграммы последовательностей действий, деятельностей и состояний) [38].

UML достаточно гибок, в нем заложена возможность расширять и вводить собственные текстовые и графические стереотипы, что позволяет применять его в различных сферах деятельности.

UML диаграммы достаточно просты для чтения, однако присутствуют проблемы при его изучении и внедрении. Это обусловлено тем, что UML избыточен, имеет неточную семантику, приводя к несовместимости инструментов из-за уникальной интерпретации спецификаций. Описание UML не предполагает интеграцию однородных диаграмм.

UML затруднительно использовать при реальном моделировании АС без инструментальных средств визуального моделирования. UML поддерживают такие инструментальные средства или программные продукты как Rational Rose, Microsoft Visual Modeler, Microsoft Visio, StarUML, Lucidchart, предоставляющие функции по формированию диаграмм, их документированию, кодогенерации на различных объектно-ориентированных языках программирования, созданию схемы баз данных. Однако этого всё же может быть недостаточно, так как UML не имеет свойств полноты и любой сгенерированный код будет ограничен тем, что может предложить интерпретирующий UML инструмент [38-42].

ВРМН. Метод ВРМН представляет собой графическую нотацию для отображения процессов при моделировании потоков работ [43, 44].

В ВРМН при моделировании процессов, помимо понятий и концепций структурного подхода, используются характерные особенности объектно-ориентированного подхода такие, как сообщения, обмен сообщениями и поток сообщений.

Описание процесса в ВРМН осуществляется при помощи специальных диаграмм. Диаграмма, сформированная в соответствии с методом ВРМН, представляет собой алгоритм выполнения описываемого процесса, а также может включать различные события, исполнителей, материальные и документальные потоки, сопровождающие выполнение процесса.

ВРМН имеет достаточно сложную семантику, интуитивно непонятную пользователям без специального обучения. Однако, при использовании ограниченного количества маркеров (событий, шлюзов, операций) диаграмма в нотации ВРМН вполне читаема и понятна: начиная от аналитиков, создающих схемы процессов, и разработчиков, ответственных за внедрение технологий выполнения бизнес-процессов, до руководителей и обычных пользователей, управляющих этими бизнес-процессами и отслеживающих их выполнение. Таким образом, ВРМН нацелен на устранение расхождения между моделями бизнес-процессов и их реализацией.

Полученная в результате модель представляет собой сеть объектов, которые изображают действия, связанные потоками управления.

ВРМН предусмотрен только для моделирования бизнес-процессов, и не предназначен для описания организационной структуры, информационной составляющей. Данная особенность ограничивает область использования этого метода. Следует отметить, что моделирование иных аспектов, помимо бизнес-процессов, находится вне зоны внимания ВРМН [43-45].

ВРМН поддерживается большим количеством инструментальных средств, позволяющих моделировать бизнес-процессы, к таким можно отнести Business Studio, Bizagi Process Modeler, IBM WebSphere Business Modeler, ELMA, Business Studio, Lucidchart [44,45].

Описание нотации ВРМН не предполагает интеграцию моделей бизнес-процессов, однако разработчики некоторых инструментальных средств, в том числе Business Studio, работают над решением данной задачи.

Методология Architecture of Integrated Information Systems. ARIS - это методология, предназначенная для определения требования к АС и ее проектирования, структурированного описания, анализа и последующего совершенствования бизнес-процессов и сложных АС. Модель, сформированная по ARIS, включает четыре типа составляющих: функциональную, информационную, организационную и управленческую, каждая из которых раскрывает тот или иной аспект системы [46].

ARIS обеспечивает целостность разрабатываемой системы, за счет использования различных уровней описания. Методология ARIS позволяет увязывать различные модели: организационную модель, модель данных, модель процессов/управления, модель функций за счет механизма «детализации» (возможность для объектов текущей модели задавать ссылки на другие модели) или же механизма «интеграции» (возможность создания нового объекта путем копирования его из одной модели в другую), однако данные механизмы не позволяют производить интеграцию однородных моделей или же совокупности этих моделей.

В рамках жизненного цикла ARIS поддерживает разработку модели, в которой формально описывается функции АС, то, как организована структура АС, а также какие данные используются при выполнении функций. Далее позволяет зафиксировать основные пути реализации в соответствии с описанными ранее требованиями и структурой. На заключительном этапе проектирования АС осуществляется преобразование описаний, полученных на предыдущем этапе, в физическое описание конкретных программных и технических средств, а также формируются документы, на основе которых в дальнейшем обеспечивается процесс разработки программных модулей, выбора и организации технических средств реализации АС [46, 47].

Данная методология поддерживается одноименным программным комплексом ARIS, включающим в себя множество инструментальных средств, направленных на разработку и совершенствование системы управления, проектирования и создания АС и ее поддержки. А за счет наличия механизмов визуального моделирования, проверки и анализа моделей освоение методологии ARIS не вызывает трудностей [47].

ДРАКОН. Методология, созданная для облегчения интеллектуального труда специалистов и улучшения их работы. Она применяется при решении трудных и очень сложных задач, которые связаны с систематизацией и автоформализацией профессиональных знаний, описанием структуры деятельности человека в различных областях и пр. [48]. Данная методология

общедоступна, к ее особенностям относится, что она одновременно является языком понимания и взаимопонимания, языком развития интеллекта и языком для описания структуры деятельности.

ДРАКОН относится к когнитивному походу, основная идея методологии заключается в улучшении человеческого восприятия - повышение наглядности и понятности алгоритмов в технических проектах. За счёт принципов когнитивного подхода ДРАКОН обеспечивает широкое использование алгоритмизации процессов. Однако, как язык программирования, он удовлетворяет требованиям математической строгости и позволяет получать программный код [48,49].

ДРАКОН универсален, его можно использовать при решении разнообразных задач, как язык для делового общения для обеспечения взаимопонимания среди различных специалистов. ДРАКОН значительно облегчает процесс формализации знаний, что позволяет повысить уровень автоматизации при проектировании и эксплуатации сложных объектов [49].

ДРАКОН является визуальным (графическим) языком и для описания задач используются специальные диаграммы, напоминающие блок-схемы, которые называются дракон-схемы. Дракон-схемы предназначены для формализованной записи и автоматического получения программного кода.

А за счет использования когнитивных приемов, которые позволяют отобразить в наглядной форме сложную задачу, уменьшается интеллектуальная трудоемкость у специалистов, их затраты на зрительное восприятие, понимание, верификацию и корректное решение задачи. ДРАКОН достаточно прост в освоении [48]. В описании данной методологии информация об интеграции дракон-схем отсутствует.

ДРАКОН поддерживается следующими инструментальными средствами: «ИС Дракон», «DrakonHub», «DRAKON Editor», «DrakonBar» [48].

Сравнительный анализ существующих методов и методологий, формирования моделей АС, представлен в Таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Сравнительный анализ существующих методов и методологий, позволяющих формировать модели АС

Наименование методологии / метода	Подход к проектированию	Моделирование составляющих	Сложность освоения (1-легко, 5-сложно)	Наглядность моделей (1-легко, 5-сложно)	Наличие процедуры интеграции однородных описаний	Этапы ЖЦ, на которых применяется методология, метода	Класс задач	Программные продукты, поддерживающие нотацию
1	2	3	4	5	6	7	8	9
МАИТ	Когнитивный	Информационная / статическая, функциональная, динамическая, увязка составляющих	4	3	Определена возможность	Предпроектное обследование, проектирование АС, подготовка реализации АС, реализация АС и опытная эксплуатация	Моделирование и проектирование систем для информационно сложно структурированных предметных областей	ИС-2, Model, Concept, Infology
IDEF	Структурный	Функциональная	2	4	Нет	Проектирование	Задачи, описывающие процессы производства и использования ресурсов (верхние уровни)	CA ERwin Data Modeler, Microsoft Visio, Business Studio

Продолжение Таблицы 1.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
DFD	Структурный	Функциональная, информационная	2	3	Нет	Анализ и проектирование	Для создания моделей информационного обмена организации, например, модели документооборота, а также при построении корпоративных информационных систем	Microsoft Visio, Business Studio, Creately, EdrawMax, CA ERwin Data Modeler
UML	ООП	Функциональная, структурная или статическая, взаимосвязь функциональной и статической	4	3	Нет	Анализ, проектирование, реализация системы, эксплуатация, сопровождение	Широкий спектр сложных систем	IBM Rational Rose, Microsoft Visual Modeler, Microsoft Visio, StarUML, Lucidchart
BPMN	Структурный, частично учитываются принципы ООП	Функциональная, динамическая	3	3	Нет	Анализ, проектирование, реализация системы, эксплуатация, сопровождение	Описание и отображение бизнес-процессов нижнего уровня в организации или на предприятии, но не предусмотрена для описания организационной структуры, информационной составляющей	Business Studio, IBM WebSphere Business Modeler, ELMA, Business Studio, Lucidchart, Bizagi Process Modeler

Продолжение Таблицы 1.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
ARIS	ООП	Организационная, функциональная, информационная, управленческая	3	3	Нет	Предпроектное обследование, проектирование, реализация, эксплуатация, сопровождение	Описание бизнес-процессов, в том числе управление ими, предприятия и сложных систем	ARIS
ДРАКОН	Когнитивный	Функциональная, динамическая	2	2	Нет	Предпроектное обследование, проектирование, реализация, эксплуатация	Для решения трудных и сверхтрудных задач систематизации и автоформализации профессиональных знаний, описания структуры человеческой деятельности	«ИС Дракон», «DrakonHub», «DRAKON Editor», «DrakonBar»

Анализ приведенных методологий и методов показывает, что все они в той или иной мере позволяют представить многоуровневую структуру информации и сложные алгоритмы с помощью текстового описания в виде спецификаций и графического в виде диаграмм, осуществляют моделирование систем или некоторых составляющих систем.

Все методологии и методы активно поддерживаются различными программными инструментами, что говорит о высокой популярности и их востребованности при проектировании автоматизированных систем. Также следует отметить, что все они имеют среднюю сложность освоения.

Исследования позволили выявить, что ни один из анализируемых методов не обладает механизмами интеграции однородных описаний моделей. И только в рамках МАИТ, обладающей теоретическим аппаратом и формальным описанием модельных представлений, определена такая возможность.

1.3 Анализ инструментальных средств формирования моделей АС

В целях автоматизации деятельности специалистов при проектировании и моделировании АС возникает потребность в создании инструментальных средств формирования моделей АС.

В работе проведено исследование и выполнен сравнительный анализ инструментальных средств проектирования АС по следующим критериям:

- страна производитель;
- стоимость;
- поддержка нотаций (наименование и количество);
- возможность моделирования этапов жизненного цикла АС;
- моделирование составляющих;
- обеспечение целостности модели;

- возможность кодогенерации по построенной модели;
- возможность генерации произвольных моделей, в том числе сформированных по МАИТ;
- возможность интеграции однородных описаний моделей;
- возможность применения инструментов интеграции в ИС-2 (при наличии интеграции).

При проведении анализа особое внимание уделялось трем последним критериям, так как это позволило бы подробнее рассмотреть существующие механизмы интеграции описаний моделей и возможность их применения в ИС-2, так как данный программный комплекс поддерживает процесс проектирования автоматизированных систем по МАИТ.

Было выполнено исследование и анализ следующих инструментальных средств:

- Business Studio;
- CA ERwin Data Modeler;
- Microsoft Visual Modeler;
- IBM Rational Rose;
- ELMA;
- ARIS;
- ИС ДРАКОН;
- Microsoft Visio;
- ИС-2.

Business Studio. Инструментальное средство Business Studio осуществляет бизнес-моделирование и позволяет упростить и ускорить развитие системы управления, внедрить системы менеджмента качества.

Business Studio является российской разработкой группы компаний «Современные технологии управления». Business Studio реализуется на платной основе и стоимость варьируется от 59 тыс. рублей до 119 тыс. рублей [50].

Business Studio предназначена для моделирования и оптимизации бизнес-процессов, организационной структуры, формирование и распространение документации, а также для формализации стратегии и контроля ее выполнения [50,51].

Моделирование бизнес-процессов в Business Studio осуществляется в два этапа. Сначала с помощью нотации IDEF0 строится модель верхнеуровневых процессов, а потом – процессов нижнего уровня, используя одну из нотаций: BPMN, EPC, Cross Functional Flowchart или Basic Flowchart [50].

Из-за особенностей Business Studio, когда взаимодействия на верхнем уровне процессов не будут соответствовать взаимодействиям в процессах нижнего уровня, тем самым может нарушиться целостность модели. Такие коллизии вручную отследить достаточно сложно, а автоматизировано выполнить такую проверку не представляется возможным из-за отсутствия такого механизма в Business Studio.

Данный инструмент обладает следующими преимуществами:

- функциональный редактор отчётов с возможностью настройки создаваемых документов;
- возможность создания собственных справочников и параметров;
- наличие вспомогательных функций: имитационное моделирование, выгрузка данных, контроль показателей, управление аудитами ISO и т.п.

К недостаткам можно отнести следующее:

- данный программный продукт достаточно сложен для самостоятельного освоения и внедрения;
- отсутствует возможность одновременного открытия окон для проверки и сравнения элементов, процессов;
- присутствует некоторая несогласованность модели данных и визуальной модели;
- низкая скорость работы из-за интеграции с Microsoft Office.

Следует отметить, что Business Studio не поддерживает кодогенерацию по сформированным моделям. Что касается интеграции моделей АС, то данный механизм в Business Studio на текущий момент не реализован, однако разработчиками ведутся работы в данном направлении [52].

CA ERwin Data Modeler. Программный продукт CA ERwin Data Modeler, который предназначен для проведения описания, анализа и формирования модели данных. Распространяется компанией Computer Associates (США) на коммерческой основе, стоимость варьируется от 62 тыс. руб. до 437 тыс. рублей [53].

А ERwin Data Modeler поддерживает три нотации: IDEF0, DFD, IDEF3. Данный инструмент позволяет использовать нотации по отдельности, однако модель, включающая все три нотации, даёт специалисту полную картину о предметной области [54-56].

Данный инструмент лёгок в освоении и применении, позволяет проводить функционально-стоимостной анализ, генерировать отчеты, а также работать с моделями: сливать и расщеплять их, однако применение данных инструментов для интеграции описаний моделей в рамках ИС-2 затруднено в силу несопоставимости моделей [56-58].

Имеет широкий набор средств документирования моделей и проектов [54].

CA ERwin Data Modeler содержит собственный генератор отчётов, позволяет эффективно работать с моделями - сливать и расщеплять их [57].

Microsoft Visual Modeler. Microsoft Visual Modeler инструмент визуального моделирования, разработанный Rational Software (США) совместно с Microsoft Corporation (США), обеспечивает базированное на UML моделирование для проектирования систем на основе компонентов. Microsoft Visual Modeler идет в качестве бесплатного дополнительного инструментария в рамках Microsoft Visual Studio [59,60].

Microsoft Visual Modeler на основе спроектированной модели - диаграммы классов (статическая или информационная составляющая)

позволяет создавать проект и генерировать код на различных языках программирования (C++, Visual Basic, Java). Присутствует и обратная функция: имея готовый проект, создавать модель. Наличие данной функциональной возможности позволяет полностью поддерживать принцип циклического проектирования, однако данный программный продукт не обеспечивает целостность модели [60, 61].

Microsoft Visual Modeler поддерживает UML, имея простой интерфейс, позволяет его легко осваивать и успешно создавать модели. Данное средство использует общую кодовую основу и предлагает масштабируемый полностью совместимый набор решений визуального моделирования, однако не имеет возможности интегрировать модели [59].

IBM Rational Rose. Данный программный продукт предназначен для анализа и моделирования программных систем на языке UML. Разработчиком данного инструментального средства является компания Rational Software (США), однако в последующем Rational Rose был куплен IBM (США) [62, 63].

IBM Rational Rose реализуется на коммерческой основе, стоимость за одну лицензию варьируется от 13 до 40 тыс. рублей [63].

IBM Rational Rose позволяет формировать бизнес-модель, функциональную модель, модель анализа, модель проектирования, модель базы данных, модель компонентов и модель физического развертывания системы, а также обеспечивает взаимосвязь этих моделей, в результате чего достигается целостность [62].

При помощи объектного моделирования упрощается вид моделей, а также позволяет приблизить модели процессов к требованиям бизнеса, а при помощи структурного представления элементов модели процессов представляются в виде графической структуры, которая отображает их состав и взаимосвязи.

При помощи различных расширений Rational Rose позволяет выполнить скелетную разработку АС на различных языках (C/C++, Java, Smalltalk, Object Pascal (Borland Delphi) – сгенерировать каркас программного кода, также

присутствует и обратная функция: сформировать модель на базе существующего кода [62].

Следует отметить, что Rational Rose позволяет осуществлять разноуровневых (неоднородных) интеграцию моделей (модели бизнес-процесса, модели приложений и модели данных) за счет применения единого языка UML [63].

ELMA. Инструментальное средство ELMA является системой управления бизнес-процессами. Система ELMA разработана одноименной российской компанией, головной офис которой находится в Ижевске. В зависимости от функциональных особенностей и набора дополнительных инструментов ELMA распространяется как на бесплатной основе, так и на платной (от 60 тыс. рублей) [64,65].

ELMA имеет простой и понятный интерфейс, что позволяет без особых проблем освоить программный продукт, а также обладает функциональными возможностями, которые позволяют обеспечить качественную реализацию сложных систем. Данное инструментальное средство осуществляет моделирование на основе нотации BPMN включая функциональную и динамическую составляющие [64, 65].

Технология организации бизнес-процессов в ELMA выполняется согласно циклу – от создания модели рабочего процесса к ее улучшению (моделирование, исполнение, контроль, улучшение). Система контролирует, чтобы бизнес-логика, заложенная при построении моделей, соблюдалась в реальной деятельности предприятия. Инструментарий позволяет быстро корректировать процессы, основываясь на данных об их эффективности и учитывать новые потребности, однако в ELMA отсутствуют механизмы интеграции полученных моделей и кодогенерации [64,65].

ARIS. Программный продукт, принадлежащий немецкой компании Software AG и предназначенный для моделирования бизнес-процессов организаций в соответствии с одноименной методологией. ARIS реализуется

на коммерческой основе, ориентировочная стоимость за одну лицензию составляет 80 тыс. руб. [66, 67].

Инструмент ARIS включает в себя комплекс средств анализа и моделирования деятельности организаций, позволяющий за счет совокупности различных методов моделирования отражать разные взгляды на исследуемую систему, то есть одна и та же модель может разрабатываться с использованием нескольких методов различными специалистами.

Методика моделирования ARIS основывается на теории построения интегрированных систем, определяющей принципы визуального отображения всех аспектов функционирования анализируемых компаний.

ARIS формирует четыре типа составляющих, описывающих различные аспекты системы: информационные, функциональные, управленческие, организационные [66-68].

Для описания перечисленных составляющих используются как внутренние методы моделирования ARIS (eEPC (extended Event-driven Process Chain), которая расширяет возможности IDEF0, IDEF3 и DFD), так и различные методы моделирования (UML, ER).

В процессе моделирования каждая составляющая сначала рассматривается и прорабатывается отдельно, а после строится интегрированная модель, отражающая все связи между различными составляющими, тем самым и обеспечивается целостность модели.

В ARIS присутствуют механизмы, которые позволяют осуществлять проверку модель на непротиворечивость, целостность, проводить верификацию модели. В данном программном продукте отсутствуют механизмы, позволяющие производить интеграцию однородных моделей или же совокупности этих моделей, и кодогенерацию по построенным моделям [66, 68, 69].

ИС ДРАКОН. Программный продукт ИС ДРАКОН является российской разработкой и одной из немногих открытых реализаций алгоритмического языка ДРАКОН. Данный инструмент предоставляется на

безвозмездной основе. ИС ДРАКОН предназначен для практической алгоритмизации деятельности, формулирования задач и формализации знаний [49, 70].

Программа представляет собой инструмент визуальной техники мышления и общения, визуального проектирования алгоритмов деятельности и программ, визуального программирования, формирования алгоритмических баз деятельности [70]. Данный программный продукт достаточно прост в освоении и использовании.

В программе есть средства настройки на различные языки программирования. Программа позволяет производить сборку Дракон-схем в программные коды на языках (Delphi, C), имеющих операторы: комментарий, метка, безусловный переход, переход по условию. ИС ДРАКОН не предполагает интеграцию сформированных моделей и не обеспечивает целостность модели [70].

Microsoft Visio. Инструмент, входящий в пакет Microsoft Office, созданный корпорацией Microsoft (США), который позволяет представить информацию в простом и доступном виде с помощью диаграмм, блок-схем, графиков, чертежей. Microsoft Visio является коммерческим продуктом, лицензию которого можно купить, начиная от 2,5 тыс. рублей [71].

Microsoft Visio достаточно прост в освоении, от пользователя не требуются какие-либо профессиональные знания в технической области, а также связанные с этим навыки.

Программный продукт возможно использовать для планирования, проектирования и управления различными бизнес-процессами. Имея большое количество шаблонов, инструментов, элементов Microsoft Visio поддерживает ряд методов и нотаций:

- Cross-functional flowchart;
- eEPC ARIS;
- UML;
- различные нотации методологии IDEF;

– BPMN.

За счет этого Microsoft Visio позволяет описать информационную, функциональную, динамическую составляющие системы, однако, не имея механизмов увязки, интеграции, проверки моделей, обеспечение целостности моделей в автоматизированном виде не представляется возможным. Без дополнительных инструментов не имеет возможности генерировать код по сформированным моделям АС [71].

Программный комплекс ИС-2. Разработан на кафедре «Информационные технологии и вычислительные системы» МГТУ «СТАНКИН» (Россия), предназначен для моделирования АС в соответствии с МАИТ. ИС-2 имеет понятный и интуитивный интерфейс, благодаря чему с легкостью позволяет формировать различные модели: начальную, концептуальную, инфологическую; выполнять аналитическую обработку моделей, включающую реструктуризацию алгоритма решения задачи [72-80].

ИС-2 в настоящее время не имеет, но должна иметь возможность формирования обобщенной модели для комплекса предметных задач, интегрируя описания моделей предметных задач в единое представление комплекса. На текущий момент в ИС-2 отсутствует механизм кодогенерации, однако разработчики ведут работы в этом направлении [78-80].

ИС-2 также используется в учебном процессе и предоставляется на безвозмездной основе [78-80].

Сводная таблица по анализу инструментальных средств инструментальных средств формирования моделей автоматизированных систем по заданным критериям представлена в таблицах 1.2 – 1.3.

Таблица 1.2 – Анализ инструментальных средств формирования моделей автоматизированных систем по следующим критериям: Страна производитель, Средняя стоимость (в рублях), Поддержка нотаций (наименование и количество), Возможность моделирования этапов жизненного цикла АС

Наименование инструментального средства	Страна производитель	Средняя стоимость (в рублях)	Поддержка нотаций (наименование и количество)	Возможность моделирования этапов жизненного цикла АС
1	2	3	4	5
Business Studio	Россия	~90 000	IDEF0, EPC, Basic Flowchart, Cross Functional Flowchart, BPMN 5	Проектирование, реализация системы, сопровождение
CA ERwin Data Modeler	США	~250 000	IDEF0, DFD, IDEF3 3	Предпроектное обследование и проектирование, сопровождение
Microsoft Visual Modeler	США	0	UML 1	Проектирование, реализация
IBM Rational Rose	США	~30 000	UML 1	Анализ и моделирование
ELMA	Россия	Наличие бесплатное версии, так и платной (от 60 000)	BPMN 1	Проектирование, реализация, сопровождение
ARIS	Германия	~80 000 в год	Собственные нотации, в том числе eEPS, а также ER, UML Более 10 нотаций	Предпроектное обследование и проектирование, реализация, сопровождение

Продолжение Таблицы 1.2

1	2	3	4	5
ИС ДРАКОН	Россия	0	ДРАКОН 1	Проектирование, реализация
Microsoft Visio	США	~2 500	Cross-functional flowchart, eEPC ARIS, UML, различные нотации методологии IDEF, BPMN и т.д. Более 10 нотаций	Предпроектное обследование, проектирование, сопровождение
ИС-2	Россия	0	МАИТ	Предпроектное обследование и проектирование

Таблица 1.3 – Анализ инструментальных средств формирования моделей автоматизированных систем по следующим критериям: Моделирование составляющих, Обеспечение целостности модели, Возможность генерации произвольных моделей, в том числе сформированных по МАИТ, Возможность интеграции однородных описаний моделей, Возможность применения инструментов интеграции в ИС-2 (при наличии интеграции), Возможность кодогенерации по построенной модели

Наименование инструментального средства	Моделирование составляющих	Обеспечение целостности модели	Возможность генерации произвольных моделей, в том числе сформированных по МАИТ	Возможность интеграции однородных описаний моделей	Возможность применения инструментов интеграции в ИС-2 (при наличии интеграции)	Возможность кодогенерации по построенной модели
1	2	3	4	5	6	7
Business Studio	Функциональная	Нет	Нет	Нет	-	Нет
CA ERwin Data Modeler	Функциональная	Да	Нет	Да	Нет	Да, но с доп. инструментом

Продолжение Таблицы 1.3

1	2	3	4	5	6	7
Microsoft Visual Modeler	Статическая или информационная	Нет	Нет	Нет	-	Да
IBM Rational Rose	Функциональная, статическая	Да	Нет	Нет	-	Да
ELMA	Функциональная, динамическая	Да	Нет	Нет	-	Нет
ARIS	Организационная, функциональная, информационная, управленческая	Да	Нет	Нет	-	Нет
ИС ДРАКОН	Функциональная, динамическая	Нет	Нет	Нет	-	Да
Microsoft Visio	Информационная, функциональная, динамическая	Нет	Да	Нет	-	Нет
ИС-2	Информационная или статическая, функциональная, динамическая	Нет	Да	Нет	X	Нет

В результате анализа были рассмотрены инструментальные средства как зарубежных разработчиков, так и отечественных, предоставляемых как на платной, так и на бесплатной основе. Все они позволяют с определенной сложностью описывать те или иные аспекты моделируемой системы, рассматривать проектируемую систему с разных сторон, однако у более трети представленных инструментов нет возможности обеспечить целостность модели (Microsoft Visual Modeler, ELMA, ИС ДРАКОН, Microsoft Visio).

Менее половины инструментов, в том числе при интеграции с другими средствами, позволяют по построенной модели генерировать программный код.

Из всех проанализированных средств только CA ERwin Data Modeler, позволяет производить интеграцию моделей: сливая и расщепляя их, однако, нет возможности выявленные инструменты и правила интеграции применить в ИС-2 в силу несопоставимости моделей.

Поэтому для ИС-2 необходимо разработать и реализовать методы интеграции графических (диаграмм) и табличных (спецификаций) описаний моделей, формируемых на этапах предпроектного обследования и проектирования АС.

1.4 Выводы по первой главе

Исходя из вышеизложенного, можно сделать следующие выводы:

1. Исследования особенностей предметной области позволили выявить следующее: создание АС не является одноразовым действием и процесс заключается в постепенном улучшении и дополнении первоначально разработанного прототипа новыми функциями; при создании сложных АС модель строится как на комплекс задач, так и на каждую задачу в отдельности. В связи с этим для обеспечения целостности как автоматизированной системы,

так и ее модели, решающей комплекс задач, осуществляется процесс интеграции.

2. Процесс интеграции АС может проводиться на двух этапах:

– на этапе проектирования инвариантных моделей, где выполняется слияние описаний моделей автоматизированных систем;

– на этапе реализации АС, где выполняется интеграция модулей систем (подсистем) в единый комплекс, при этом интеграция имеет многоуровневый характер – интегрируют разрабатываемые модули в рамках одной АС и различные АС в единый комплекс. Следует отметить, что интеграция модулей в АС и интеграция различных автоматизированных систем имеют одинаковые принципы интеграции.

3. Интеграция преимущественно проводится на этапе реализации автоматизированных систем. Исторически сформировалось два метода интеграции на этапе реализации: обеспечение обмена данными между разными автоматизированными системами посредством разработки интерфейсов для каждой пары систем; обеспечение взаимодействия между автоматизированными системами посредством реализации промежуточного программного обеспечения, которое обеспечивает обмен данными и интерфейс взаимодействия между всеми подключенными к нему системами.

4. Интеграция на этапе проектирования инвариантных к среде реализации моделей АС, когда необходимо сформировать единую модель для сложной задачи, включающей описания всех ее подзадач, до данного исследования была не изучена. Интеграция на этапе проектирования инвариантных моделей возникает, когда при проектировании АС комплекса задач для упрощения процесса моделирования его декомпозируют на простые задачи. Далее модель формируется для каждой задачи отдельно и для получения единого описания моделируемой АС, решающей комплекс предметных задач, выполняется интеграция описаний моделей задач в описание комплекса задач.

5. Сравнительный анализ существующих методологий и методов, позволяющих формировать модели автоматизированных систем, показал, что ни одна из исследованных методологий и методов не обладает механизмами интеграции. Исключением является методология автоматизации интеллектуального труда, так как обладает теоретическим аппаратом и формальным описанием модельных представлений, где определена возможность интеграции описаний моделей.

6. Сравнительный анализ инструментальных средств формирования моделей автоматизированных систем позволил выявить следующее: только СА ERwin Data Modeler поддерживает интеграцию моделей АС, либо эта функция активно разрабатывается (Business Studio), однако применение данных инструментов для интеграции описаний моделей в рамках программного комплекса ИС-2, поддерживающего проектирование АС по МАИТ, затруднено в силу несопоставимости моделей.

Выявленные факторы определили необходимость разработки методов интеграции описаний моделей на этапах предпроектного обследования и проектирования автоматизированных систем, обеспечивающих эффективное проектирование АС, и средств их поддержки, позволяющих выполнять интеграцию описаний моделей в виде диаграмм и спецификаций по автоматизированной технологии и формировать единое описание комплекса предметных задач для начальной, концептуальной и инфологической моделей из отдельных подзадач. Это позволило сформулировать цель диссертационной работы и поставить научную задачу для ее достижения.

ГЛАВА 2. РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ ИНТЕГРАЦИИ ОПИСАНИЙ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ПРОЕКТИРУЕМЫХ АС

2.1 Формальное описание моделей в соответствии с МАИТ

Моделирование в рамках методологии автоматизации интеллектуального труда рассматривается на трех уровнях абстрагирования и для двух представлений: универсальное представление и представление предметных задач. Универсальное концептуальное (или инфологическое, или даталогическое) представление рассматривается на трех уровнях абстрагирования – абстрактном, объектном, конкретном; начальное (или концептуальное, или инфологическое, или даталогическое) представление ПЗ на двух уровнях абстрагирования – объектном и конкретном. [14-16, 18-21].

На рисунке 2.1 показана взаимосвязь универсального представления с представлением ПЗ на различных уровнях абстрагирования, где НМП – начальное модельное представление, КМП – концептуальное модельное представление, ИЛМП – инфологическое модельное представление, а индексы обозначают уровни абстрагирования: 1 – абстрактный уровень, 2 – объектный уровень, 3 конкретный уровень.

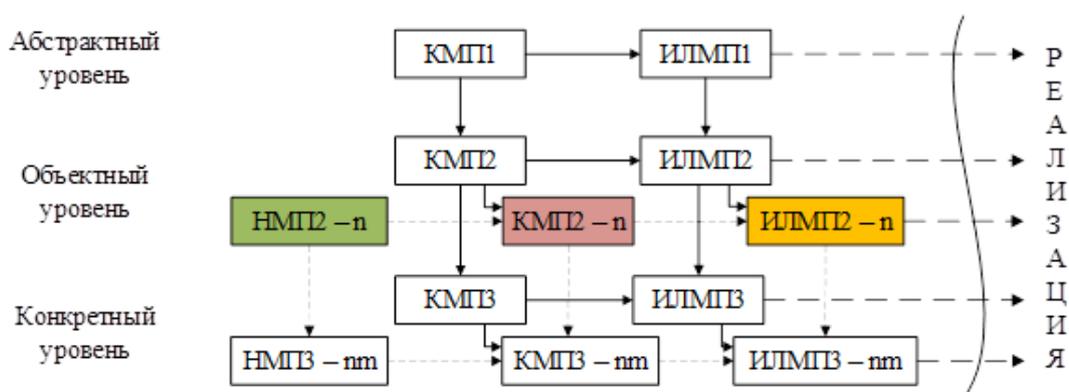


Рисунок 2.1 – Взаимосвязь универсальных представлений
с представлениями ПЗ

В рамках работы рассматриваются начальная, концептуальная и инфологическая модели для представления предметных задач, формируемые на объектном уровне абстрагирования.

Начальная модель (далее – НМ) n -й ПЗ на объектном уровне формально описывается следующим образом:

$$MP2(n) = \langle P2(n), Z2(n), R_2^{MP}(n) \rangle, \quad (2.1)$$

где $P2(n)$ – множество параметров, $Z2(n)$ – система предметных действий (далее – СПД), $R_2^{MP}(n)$ – отношения, описывающие взаимосвязи информационной и функциональной составляющих модели на объектном уровне абстрагирования [15,16, 22].

При этом система предметных действий включает в себя следующие множества: $N2(n)$ – множество предметных действий и $FN2(n)$ – множество бинарных отношений между предметными действиями:

$$Z2(n) = (N2(n), FN2(n)) \quad [22]. \quad (2.2)$$

С целью упрощения формального описания НМ введем следующие преобразования:

$$P2(n) = X(n) \text{ – множество параметров ПЗ;}$$

$$N2(n) = Y(n) \text{ – множество предметных действий.}$$

Концептуальная модель (далее – КМ) объектного уровня для n -й ПЗ описывается следующим образом:

$$KP2(n) = \langle M2(n), TH2(n), \overline{FU2}(n), R_2^{KP}(n) \rangle, \quad (2.3)$$

где $M2(n)$ – множество предметных категорий (далее – ПК), $TH2(n)$ – множество статических (структурных) отношений, $\overline{FU2}(n)$ – множество динамических отношений на ПК и $R_2^{KP}(n)$ – отношение, описывающие взаимосвязи статической и динамической составляющих модели ПЗ [15, 16, 23, 81 - 84].

При этом множество статических отношений включает множество бинарных отношений – $T2(n)$, множество тернарных отношений на ПК – $H2(n)$, множество схем ПК – $\overline{H2}(n)$, множество бинарных отношений на схемах ПК – $Th2(n)$:

$$TH2(n) = \langle T2(n), H2(n), \overline{H2}(n), Th2(n) \rangle [23]. \quad (2.4)$$

Множество динамических отношений на ПК содержит два вида ограничений: системы предметных зависимостей первого рода ($\overline{F2}(n)$) и второго рода ($\overline{U2}(n)$):

$$\overline{FU2}(n) = \langle \overline{F2}(n), \overline{U2}(n) \rangle [23]. \quad (2.5)$$

В данной работе рассматриваются только ограничения первого рода, поэтому приведем описание системы предметных зависимостей первого рода (далее – СПЗ 1-го рода), которое можно представить в виде следующих множеств: $\overline{V2}(n)$ – множество предметных зависимостей первого рода и $\overline{FV2}(n)$ – множество бинарных отношений между предметными зависимостями первого рода:

$$\overline{F2}(n) = (\overline{V2}(n), \overline{FV2}(n)) [23]. \quad (2.6)$$

С целью упрощения формального описания КМ введем следующие преобразования:

$$M2(n) = A(n) \text{ – множество ПК;}$$

$$\overline{V2}(n) = \overline{W}(n) \text{ – множество предметных зависимостей первого рода.}$$

Инфологическая модель (далее – ИЛМ) объектного уровня для n -й ПЗ описывается следующим образом:

$$ILP2(n) = \langle L2(n), DE2(n), \overline{ZJ2}(n), \overline{QI2}(n), R_2^{IP}(n) \rangle, \quad (2.7)$$

где $L2(n)$ – множество структурных единиц (далее – СЕ), $DE2(n)$ – множество статических (структурных) отношений, $\overline{ZJ2}(n)$ – множество функциональных отношений, $\overline{QI2}(n)$ – множество динамических отношений

на CE , $R_2^{IP}(n)$ – множество взаимосвязей между статической, функциональной и динамической структурами [15, 16, 24, 82 -84].

Множество статических отношений $DE2(n)$ можно представить как:

$$DE2(n) = \langle D2(n), E2(n), \overline{E2}(n), De2(n) \rangle, \quad (2.8)$$

где $D2(n)$ – множество бинарных отношений и $E2(n)$ – множество тернарных отношений на CE , $\overline{E2}(n)$ – множество схем CE и $De2(n)$ – множество бинарных отношений на схемах CE [24].

Множество функциональных отношений $\overline{ZJ2}(n)$ включает два вида ограничений: системы предметных манипуляций первого рода ($\overline{Z2}(n)$) и второго рода ($\overline{J2}(n)$):

$$\overline{ZJ2}(n) = \langle \overline{Z2}(n), \overline{J2}(n) \rangle [24]. \quad (2.9)$$

В данной работе рассматриваются только ограничения первого рода, поэтому приведем описание системы предметных манипуляций первого рода (далее – СПМ 1-го рода), которое можно представить в виде следующих множеств: $\overline{X2}(n)$ – множество манипуляций первого рода и $\overline{QX2}(n)$ – множество бинарных отношений между предметными манипуляциями первого рода:

$$\overline{Z2}(n) = (\overline{X2}(n), \overline{QX2}(n)) [24]. \quad (2.10)$$

Динамические отношения $\overline{QI2}(n)$ содержат два вида ограничений: системы предметных доступов первого рода ($\overline{Q2}(n)$) и второго рода ($\overline{I2}(n)$):

$$\overline{QI2}(n) = \langle \overline{Q2}(n), \overline{I2}(n) \rangle [24]. \quad (2.11)$$

В данной работе рассматриваются только ограничения первого рода, поэтому приведем описание системы предметных доступов первого рода (далее – СПД 1-го рода), которое можно представить в виде следующих множеств: $\overline{S2}(n)$ – множество информационных доступов первого рода и

$\overline{QS2}(n)$ – множество бинарных отношений между информационными доступами первого рода:

$$\overline{Q2}(n) = (\overline{S2}(n), \overline{QS2}(n)) \quad [24]. \quad (2.12)$$

С целью упрощения формального описания ИЛМ введем следующие преобразования:

$$L2(n) = C(n) \text{ – множество СЕ;}$$

$$\overline{S2}(n) = \overline{R}(n) \text{ – множество предметных доступов первого рода.}$$

2.2 Основные положения интеграции моделей для проектируемых АС

Интеграция моделей для проектируемых АС осуществляется отдельно для моделей каждого уровня в соответствии с рисунком 2.2 [15, 16, 22 - 24]. Следует отметить, что интеграция осуществляется в рамках комплекса, то есть локальная модель, определяющая n -ую ПЗ, интегрируется в обобщенную модель, описывающую комплекс ПЗ в целом (отмечена индексом “0”).

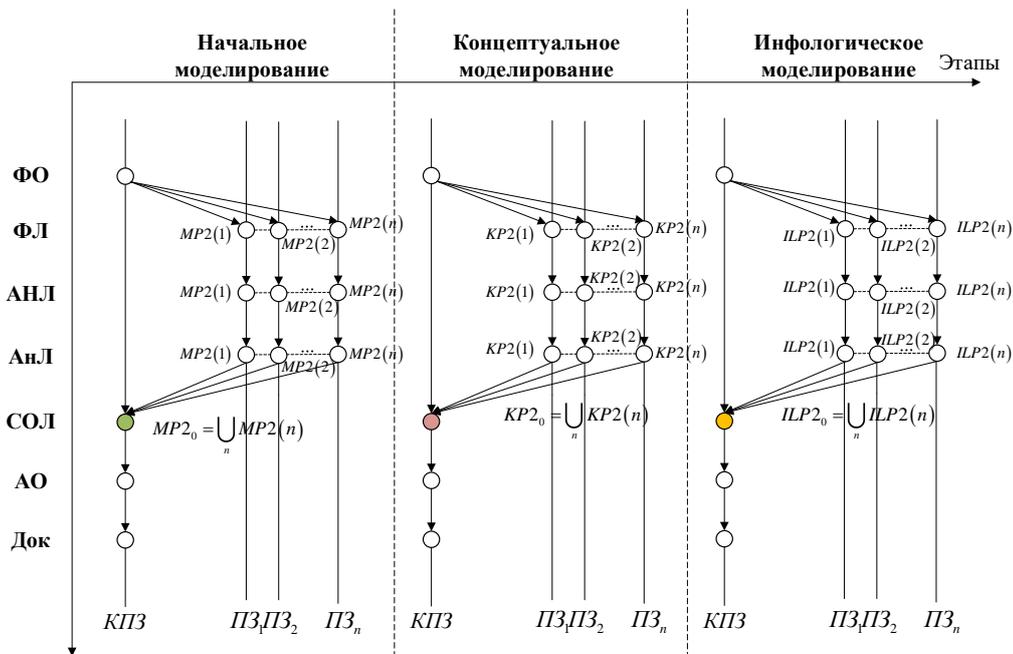


Рисунок 2.2 – Процесс интеграции локальных моделей ПЗ на каждом этапе создания АС в рамках одного КПЗ

Интеграцию НМ n -ой ПЗ на объектном уровне в обобщённую модель можно представить как [85-91]:

$$MP2_0 = \bigcup_n MP2(n). \tag{2.13}$$

Интеграция по составляющим НМ объектного уровня для n -ой ПЗ описывается следующим образом:

– интеграция множеств параметров:

$$X_0 = \bigcup_n X(n); \tag{2.14}$$

– интеграция множеств предметных действий и множеств бинарных отношений между ними:

$$Y_0 = \bigcup_n Y(n); \tag{2.15}$$

$$FN2_0 = \bigcup_n FN2(n). \tag{2.16}$$

Интеграция локальных моделей ПЗ в модель КПЗ осуществляется по компонентам с учетом состава начальной модели в соответствии с рисунком 2.3.

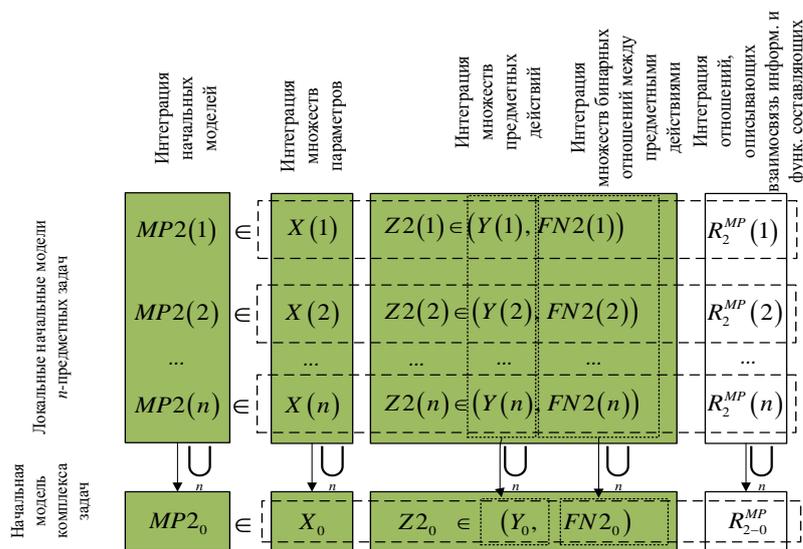


Рисунок 2.3 – Процесс интеграции локальных моделей ПЗ в модель КПЗ по компонентам в рамках начального моделирования

Интеграцию КМ n -ой ПЗ на объектном уровне в обобщённую модель можно представить как [86-92]:

$$KP2_0 = \bigcup_n KP2(n). \tag{2.17}$$

Интеграция КМ объектного уровня для n -й ПЗ описывается следующим образом:

– интеграция множеств ПК:

$$A_0 = \bigcup_n A(n); \tag{2.18}$$

– интеграция множеств бинарных связей в статических отношениях:

$$T2_0 = \bigcup_n T2(n); \tag{2.19}$$

– интеграция множеств предметных зависимостей первого рода и множеств бинарных отношений между ними:

$$\bar{W}_0 = \bigcup_n \bar{W}(n); \tag{2.20}$$

$$\overline{FV}2_0 = \bigcup_n \overline{FV}2(n). \tag{2.21}$$

Интеграция локальных моделей ПЗ в модель КПЗ осуществляется по компонентам с учетом состава концептуальной модели в соответствии с рисунком 2.4.

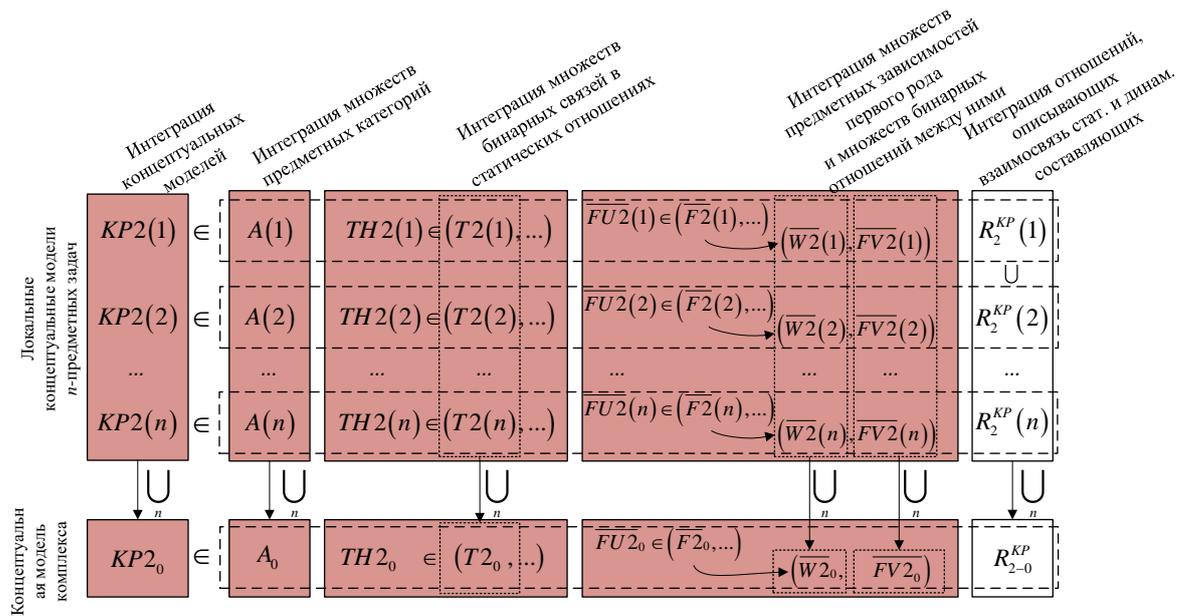


Рисунок 2.4 – Процесс интеграции локальных моделей ПЗ в модель КПЗ по компонентам в рамках концептуального моделирования

Интеграцию ИЛМ n -ой ПЗ на объектном уровне в обобщённую модель можно представить как [86-92]:

$$ILP2_0 = \bigcup_n ILP2(n). \quad (2.22)$$

Интеграция ИЛМ объектного уровня для n -й ПЗ описывается следующим образом:

– интеграция множеств СЕ:

$$C_0 = \bigcup_n C(n); \quad (2.23)$$

– интеграция множеств бинарных связей в статических отношениях:

$$D2_0 = \bigcup_n D2(n); \quad (2.24)$$

– интеграция множеств предметных манипуляций первого рода и множеств бинарных отношений между ними:

$$\overline{X2}_0 = \bigcup_n \overline{X2}(n); \quad (2.25)$$

$$\overline{QX2}_0 = \bigcup_n \overline{QX2}(n); \quad (2.26)$$

– интеграция множеств предметных доступов первого рода и множеств бинарных отношений между ними:

$$\overline{R}_0 = \bigcup_n \overline{R}(n); \quad (2.27)$$

$$\overline{QS2}_0 = \bigcup_n \overline{QS2}(n). \quad (2.28)$$

Интеграция локальных моделей ПЗ в модель КПЗ осуществляется по компонентам с учетом состава инфологической модели в соответствии с рисунком 2.5.

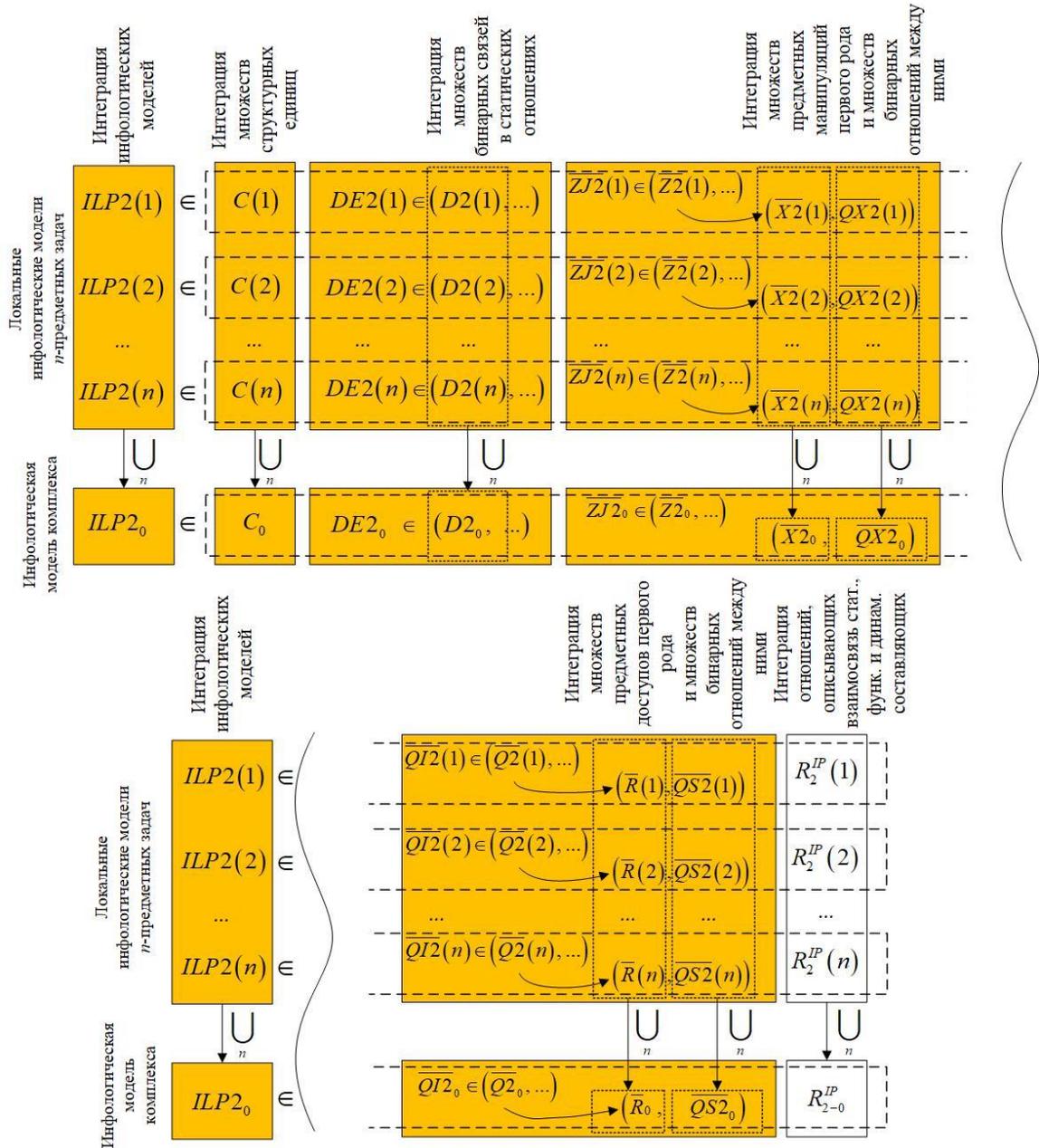


Рисунок 2.5 – Процесс интеграции локальных моделей ПЗ в модель КПЗ по компонентам в рамках инфологического моделирования

2.3 Алгоритм интеграции моделей для проектируемых автоматизированных систем

В рамках теоретического и практического оснований к интеграции можно выделить следующие аспекта:

- наличие в МАИТ формального описания модельных представлений автоматизируемой задачи на каждом этапе создания АС;

- наличие в МАИТ закономерностей формирования модельных представлений;

- наличие ограничений, накладываемых универсальным представлением на представление предметных задач;

- наличие в модельных представлениях ПЗ возможности интеграции структур как для статической (информационной), так и для динамической и функциональной составляющих, что позволяет интегрировать описания процессов выполнения задач в единое обобщенное описание процесса для комплекса, а также статических структур в единую обобщенную структуру.

К практическим основаниям можно отнести следующее:

- наличие двух форм описания моделей: в табличной форме в виде спецификаций и в графической форме в виде специальных диаграмм, при этом также присутствует возможность интеграции по различным формам описаний;

- наличие (возможность) дублирования элементов динамических или функциональных структур. Это связано с дублированием предметных действий (для начальных моделей), предметных зависимостей первого рода (для концептуальных моделей), предметных манипуляций и доступов первого рода (для инфологических моделей). Дублирование появляется по нескольким причинам:

- в связи с определением (инициализацией) исходной информации – одного и того же признака / информационного атрибута в разных задачах;

- в связи с алгоритмом от специалиста, который был использован при разработке модели, то есть определенный признак / информационный атрибут определяется в разных расчетах;

- необходимость проверки результата интеграции – обобщенной модели на полноту и корректность как автоматизированной системой, так и специалистом.

С учетом вышеизложенного были сформулированы следующие рекомендации для составления алгоритма:

– расширить этап проверки интеграции диаграмм и спецификаций – ввести в алгоритм интеграции и, соответственно, в методику детальную проверку полученного результата как системой, так и специалистом;

– реализовать выделение цветом дублирующих элементов;

– при выполнении проверки системой использовать подсистему распознавания и анализа текста. Кроме того, с помощью данной подсистемы автоматически можно будет определять точку слияния диаграмм и спецификаций;

– выделять цветом выявленные коллизии и дублирования в результирующих описаниях модели, чтобы в последующем специалист мог принять решение о ходе выполнения алгоритма.

Алгоритм интеграции моделей ПЗ в модель КПЗ состоит из следующих этапов:

1. Подготовка всех моделей ПЗ к интеграции в модель КПЗ.

1.1. Выделение модели КПЗ.

1.2. Выделение всех моделей ПЗ, предполагаемых к интеграции в модель КПЗ.

1.3. Ранжирование всех моделей ПЗ в рамках модели КПЗ.

2. Интеграция всех моделей ПЗ в модель КПЗ с учетом ранга ПЗ.

2.1. Подготовка моделей к интеграции.

2.1.1. Определение обобщенной модели – модель, в которую осуществляется интеграция.

2.1.2. Определение локальной модели – модель, которая интегрируется.

2.1.3. Фиксация моделей, участвующих в интеграции.

2.2. Определение всех описаний для локальной и обобщенной моделей.

2.3. Интеграция всех описаний локальной и обобщенной моделей.

2.3.1. Подготовка описаний моделей к интеграции.

2.3.1.1. Определение обобщенного описания модели – описание модели, в которое осуществляется интеграция.

2.3.1.2. Определение локального описания модели – описание модели, которое интегрируется.

2.3.1.3. Фиксация описаний моделей, участвующих в интеграции.

2.3.2. Интеграция локального описания модели с обобщённым описанием.

2.3.2.1. Определение точки слияния описаний моделей.

2.3.2.2. Слияние локального с обобщенным описанием модели.

2.3.3. Перекодировка элементов в полученном описании модели КПЗ.

2.3.4. Визуализация полученного описания модели КПЗ.

2.3.5. Проверка полученного описания модели КПЗ.

2.3.5.1. Проверка полученного описания модели КПЗ системой.

2.3.5.2. Формирование отчета о проверке полученного описания модели КПЗ системой.

2.3.5.3. Проверка полученного описания модели КПЗ специалистом.

2.3.6. При наличии описания моделей ПЗ для интеграции в описание модели КПЗ, возвращаемся к пункту 2.3.1, в противном случае переходим к следующему шагу.

2.4. Визуализация полученной модели КПЗ.

2.5. Проверка полученной модели КПЗ.

2.5.1. Проверка полученной модели КПЗ системой.

2.5.2. Формирование отчета о проверке полученной модели КПЗ системой.

2.5.3. Проверка полученной модели КПЗ специалистом.

2.6. При наличии модели ПЗ для интеграции в модель КПЗ возвращаемся к пункту 2.1, в противном случае переходим к следующему шагу.

Схема процесса интеграции описаний моделей ПЗ в описание модели КПЗ представлена на рисунке 2.6.

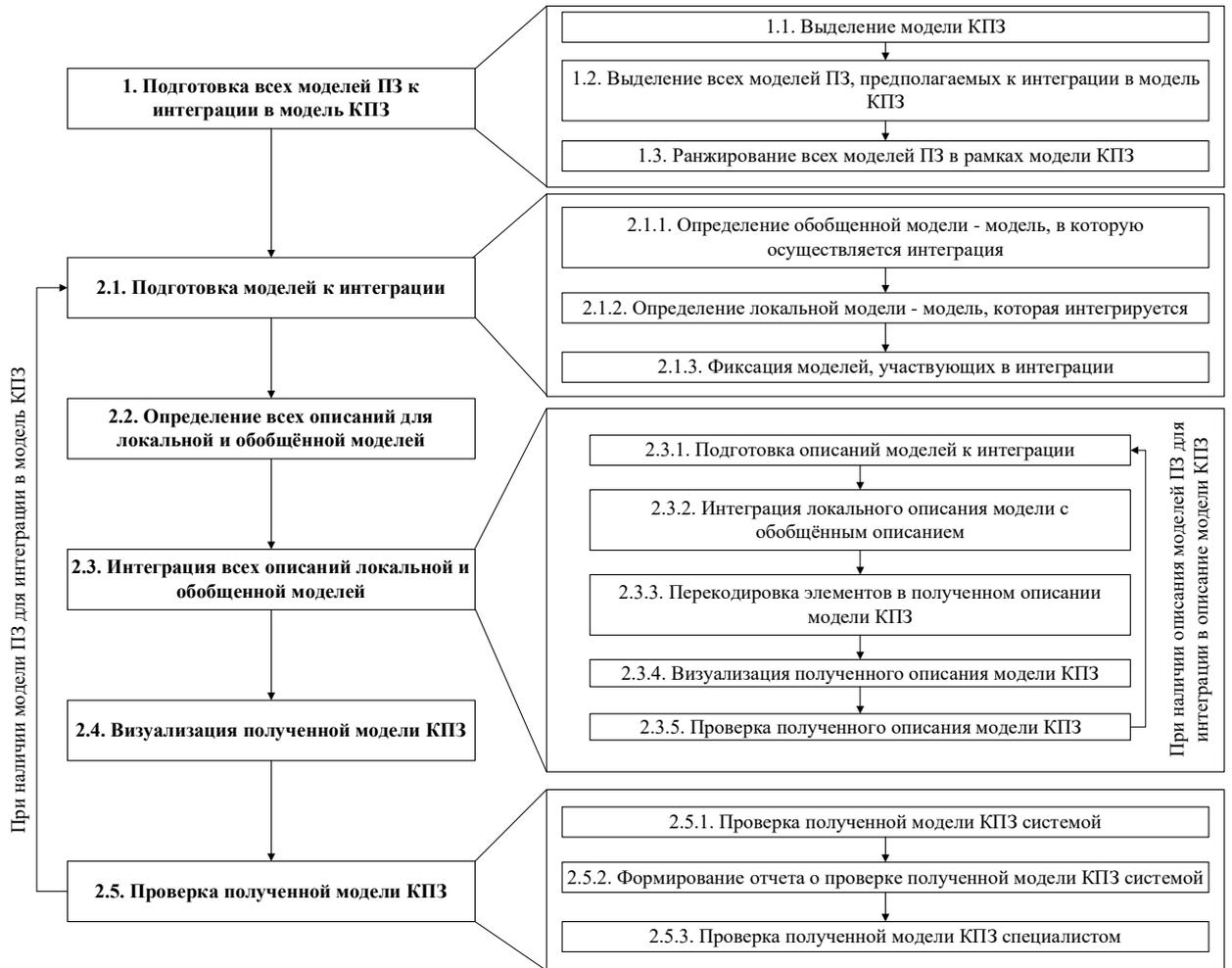


Рисунок 2.6 – Схема процесса интеграции описаний моделей ПЗ в описание модели КПЗ

Данный алгоритм является универсальным к типам моделей жизненного цикла и подходит как к жестким: каскадная модель и ее производные, где переход на следующий этап происходит только после полного завершения работ на текущем этапе и возврата к пройденным этапам не предусматривается, так и к гибким моделям, где создание таких систем не является одноразовым действием, и процесс заключается в постепенном

улучшении и дополнении первоначально разработанного прототипа новыми функциями.

Подробнее опишем процедуры выполнения основных этапов алгоритма. В рамках подготовительного этапа к интеграции осуществляется определение всех интегрируемых моделей. Также необходимо выполнить ранжирование моделей ПЗ по определенным правилам и интеграцию проводить, учитывая порядок - ранг. За счет введения рангов возможно сократить время работы алгоритма интеграции, так как перекодировке будут подвергаться только интегрируемые элементы. При этом ранг ПЗ определяется при прохождении КПЗ снизу - вверх, слева – направо.

Далее определяются модель, в которую осуществляется интеграция – обобщённая модель и модель, которая интегрируется – локальная модель, а также модели, участвующие в интеграции на этой итерации, фиксируются, в том числе и кодировки элементов. Следует отметить, что обобщённая и локальная модели, участвующие в интеграции в рамках этой итерации, определяются с учетом ранее выставленного ранга.

После определения моделей необходимо определить все их описания. Так как модель состоит из описаний: табличного (в виде спецификаций) и графического (в виде диаграмм), то под интеграцией моделей понимается интеграция всех описаний двух моделей – обобщённой и локальной.

Следующим шагом осуществляется интеграция всех ранее определённых описаний в рамках локальной и обобщенной моделей. Интеграция описаний заключается в переносе информации из локального в обобщенное. Интегрируются только однородные описания. При этом при интеграции описаний процессных составляющих (функциональных и динамических) необходимо учитывать место слияния. А вот для описаний статических (информационных) составляющих местоположение точки слияния не имеет решающего значения. Результатом выполнения данного этапа является результирующая обобщенная модель, включающая интегрируемую локальную модель и обобщённую модель до интеграции.

При интеграции описаний моделей отдельное внимание необходимо уделить перекодировке. После слияния локального с обобщенным описанием модели необходимо привести результирующее описание модели КПЗ к единой кодировке элементов, а также восстановить связи между элементами, то есть осуществить восстановление кода связи с учетом новых кодов у элементов. Коды элементов локального описания также сохраняются.

На этапе визуализации прорисовывается полученное описание с единой общей кодировкой. Дополнительно может отображаться старая кодировка интегрируемых описаний.

Завершающим этапом в интеграции описаний моделей является проверка полученного описания КПЗ. Первоначально выполняется проверка системой, которая выявляет недочёты при слиянии, перекодировке и семантические коллизии. Далее на основании представленного системой отчета, специалист может исправить ошибки в полученном описании и семантические коллизии, возникшие в результате интеграции. После проверки описания специалистом и его удовлетворенности полученным результатом, считается, что интеграция завершена и корректна.

2.4 Разработка формального описания интеграций моделей для проектируемых автоматизированных систем по компонентам

Учитывая выявленную схожесть алгоритмов интеграции описаний начальных, концептуальных и инфологических моделей, для представления интеграции разработано унифицированное формальное описание множеств элементов (предметных действий, зависимостей, манипуляций, предметных доступов первого рода, категорий, структурных единиц) и их связей.

Для описания интеграции множеств предметных действий, зависимостей первого рода, категорий, манипуляций и доступов первого рода, структурных единиц (далее – элементы) введем следующие обозначения:

B^{S_0} – множество элементов соответствующей системы или структуры обобщённой модели, в которую осуществляется интеграция;

$B^{S(m)}$ – множество элементов соответствующей системы или структуры локальной модели, которая интегрируется в множество элементов обобщённой модели;

$B^{S_0^*}$ – множество элементов соответствующей системы или структуры обобщённой модели, являющейся результатом интеграции двух множеств элементов.

И соответственно для связей между элементами, где:

L^{S_0} – множество связей между элементами соответствующей системы или структуры обобщённой модели, в которую осуществляется интеграция;

$L^{S(m)}$ – множество связей между элементами соответствующей системы или структуры локальной модели, которая интегрируется в множество элементов обобщённой модели;

$L^{S_0^*}$ – множество связей между элементами соответствующей системы или структуры обобщённой модели, являющейся результатом интеграции двух множеств элементов.

При этом индекс S фиксирует соответствующую систему: СПД, СПЗ 1-го рода, СПД 1-го рода, СПМ 1-го рода или структуру (концептуальную, инфологическую), среди различных моделей:

– для НМ: $Z2(m)$ – СПД, определяющая алгоритм решения задачи из комплекса задач $Z2_0$, $Z2_0^*$ – обновленная обобщённая СПД, полученная в результате интеграции систем и включающая в себя: $Z2_0$, $Z2(m)$;

– для КМ, при этом для процессных описаний: $\overline{F2}(m)$ – СПЗ 1-го рода, определяющая алгоритм решения задачи из комплекса задач $\overline{F2}_0$, $\overline{F2}_0^*$ – обновленная обобщённая СПЗ 1-го рода, полученная в результате интеграции систем и включающая в себя: $\overline{F2}_0$, $\overline{F2}(m)$.

Для статических описаний – $SA(m)$ - концептуальная структура задачи в структуре комплекса задач SA_0 , SA_0^* – обновленная обобщённая новая концептуальная структура, полученная в результате интеграции структур SA_0 , $SA(m)$;

– для ИЛИМ, при этом для процессных описаний:

- $\overline{Z2}(m)$ – СПМ 1-го рода, определяющая алгоритм решения задачи из комплекса задач $\overline{Z2}_0$, $\overline{Z2}_0^*$ – обновленная обобщённая СПМ 1-го рода, полученная в результате интеграции систем и включающая в себя $\overline{Z2}_0$, $\overline{Z2}(m)$;

- $\overline{Q2}(m)$ – СПД 1-го рода, определяющая систему взаимодействия со статической структурой, основываясь на алгоритме решения задачи, из комплекса задач $\overline{Q2}_0$, $\overline{Q2}_0^*$ – обновленная обобщённая СПД 1-го рода, полученная в результате интеграции систем и включающая в себя $\overline{Q2}_0$, $\overline{Q2}(m)$.

Для статических описаний – $SC(m)$ - инфологическая структура задачи в инфологической структуре комплекса задач SC_0 , SC_0^* – обновленная обобщённая новая инфологическая структура, полученная в результате интеграции структур SC_0 , $SC(m)$.

С учетом вышеизложенного для упрощения формального описания произведем переобозначение описаний составляющих моделей в соответствии с Таблицей 2.1.

Таблица 2.1 – Переобозначение описаний составляющих моделей

Модель	Составляющая	Описание составляющих моделей	Переобозначение описаний составляющих моделей (элемент и связь между элементами)
1	2	3	4
Начальная модель	Функциональная	СПД: $Z2(m) = (Y(m), FN2(m))$, включающая множество предметных действий: $Y(m) = Y_i(m), Y_i(m) = \{y_{ij}^m\}$ и множество бинарных связей между предметными действиями: $FN2(m)$.	Множество элементов, описывающее множество предметных действий: $B^{Z2(m)} = B_i^{Z2(m)}, B_i^{Z2(m)} = \{b_{ij}^{Z2(m)}\}$ Множество связей между элементами: $L^{Z2(m)}$.
	Информационная	Множество параметров: $X(m) = X_i(m), X_i(m) = \{x_{ij}^m\}$.	Множество элементов, описывающее множество параметров: $B^{-(m)} = B_i^{-(m)}, B_i^{-(m)} = \{b_{ij}^{-(m)}\}$.
Концептуальная модель	Динамическая	СПЗ 1-го рода: $\overline{F2}(m) = (\overline{W}(m), \overline{FV2}(m))$, включающая множество предметных зависимостей первого рода: $\overline{W}(m) = \overline{W}_i(m), \overline{W}_i(m) = \{\overline{w}_{ij}^m\}$ и множество бинарных связей между предметными зависимостями первого рода: $\overline{FV2}(m)$.	Множество элементов, описывающее множество предметных зависимостей первого рода: $B^{\overline{F2}(m)} = B_i^{\overline{F2}(m)}, B_i^{\overline{F2}(m)} = \{b_{ij}^{\overline{F2}(m)}\}$ Множество связей между элементами: $L^{\overline{F2}(m)}$.
	Статическая	Концептуальная структура: $SA(m) = (A(m), T2(m))$, включающая множество предметных категорий: $A(m) = A_i(m), A_i(m) = \{a_{ij}^m\}$ и множество бинарных связей между предметными категориями: $T2(m)$.	Множество элементов, описывающее множество предметных категорий: $B^{SA(m)} = B_i^{SA(m)}, B_i^{SA(m)} = \{b_{ij}^{SA(m)}\}$ Множество связей между элементами: $L^{SA(m)}$.
Инфологическая модель	Функциональная	СПМ 1-го рода: $\overline{Z2}(m) = (\overline{X2}(m), \overline{QX2}(m))$, включающая множество предметных манипуляций первого рода: $\overline{X2}(m) = \overline{X2}_i(m), \overline{X2}_i(m) = \{\overline{x2}_{ij}^m\}$ и множество бинарных связей между предметными манипуляциями первого рода: $\overline{QX2}(m)$.	Множество элементов, описывающее множество предметных манипуляций первого рода: $B^{\overline{Z2}(m)} = B_i^{\overline{Z2}(m)}, B_i^{\overline{Z2}(m)} = \{b_{ij}^{\overline{Z2}(m)}\}$ Множество связей между элементами: $L^{\overline{Z2}(m)}$.

Продолжение Таблицы 2.1

1	2	3	4
Инфологическая модель	Динамическая	СПД 1-го рода: $\overline{Q2}(m) = (\overline{R}(m), \overline{QS2}(m))$, включающая множество предметных доступов первого рода: $\overline{R}(m) = \overline{R}_i(m), \overline{R}_i(m) = \{\overline{r}_{ij}^m\}$, и множество бинарных связей между предметными доступами первого рода: $\overline{QS2}(m)$.	Множество элементов, описывающее множество предметных доступов первого рода: $B^{\overline{Q2}(m)} = B_i^{\overline{Q2}(m)}, B_i^{\overline{Q2}(m)} = \{b_{ij}^{\overline{Q2}(m)}\}$ Множество связей между элементами: $L^{\overline{Q2}(m)}$.
	Статическая	Инфологическая структура: $SC(m) = (C(m), D2(m))$, включающая множество структурных единиц: $C(m) = C_i(m), C_i(m) = \{c_{ij}^m\}$ и множество бинарных связей между структурными единицами: $D2(m)$.	Множество элементов, описывающее множество структурных единиц: $B^{SC(m)} = B_i^{SC(m)}, B_i^{SC(m)} = \{b_{ij}^{SC(m)}\}$ Множество связей между элементами: $L^{SC(m)}$.

С учетом введенного унифицированного формального описания элементов и связей можно констатировать, что интеграция множества элементов и связей соответствующей системы функциональной и/или динамической составляющих локальной модели с множеством элементов и связей той же системы или структуры обобщенной модели описывается следующим образом:

$$\begin{aligned} B^{S_0^*} &= B^{S_0} \cup B^{S(m)}, \\ L^{S_0^*} &= L^{S_0} \cup L^{S(m)}. \end{aligned} \quad (2.29)$$

При этом важным элементом в перекодировке элементов множества $B^{S_0^*}$ является точка слияния, определяющаяся как пересечение двух множеств:

$$B^{S_0} \cap B^{S(m)} = b_{ij}^{S_0^*} \quad (2.30)$$

В точке слияния интегрируемый элемент принимает индексы исходного элемента. При этом следует учитывать, что данные элементы по смыслу должны быть семантически аналогичны:

$$b_{cv}^{S(m)} \equiv b_{ps}^{S_0} \rightarrow b_{ps}^{S_0^*}, \quad (2.31)$$

где $b_{ps}^{S_0}$ – s -ый элемент p -го уровня декомпозиции, $b_{cv}^{S(m)}$ – v -ый элемент c -го уровня декомпозиции.

В случае если при пересечении множеств элементов B^{S_0} , $B^{S(m)}$ получается пустое множество, то есть отсутствует точка слияния, то интеграция данных множеств элементов невозможна без доработки той или иной системы или структуры.

Далее перекодировка осуществляется в соответствии с правилами кодирования элементов, определенными МАИТ, и с использованием информации о коде элемента, располагающегося в точке слияния.

Интеграция множества элементов соответствующей системы статической или информационной составляющих локальной модели с множеством элементов той же системы или структуры обобщенной модели осуществляется по уровням и заключается в переносе элементов из одной структуры в другую, в восстановлении и (или) создании новых связей между элементами, перекодировке элементов, а также в проверке полученной структуры на предмет наличия ошибок и коллизий. При интеграции статических или информационных структур, важно понимать, что определение места слияния как в процессных структурах не является значимым этапом, так как интеграция всегда начинается с верхнего уровня.

Следует отметить, что интеграция возможна в случае, если при пересечении данных множеств B^{S_0} , $B^{S(m)}$ будет получаться не пустое множество:

$$B^{S_0} \cap B^{S(m)} \neq \emptyset \quad (2.32)$$

Также при интеграции структур может возникнуть дублирование информации. Данные коллизии распространены при интеграции описаний

статических (информационных) составляющих, но в тоже время не исключены и в описаниях процессных (функциональных и динамических) составляющих. Данные коллизии необходимо выявлять и устранять посредством системы и (или) специалиста.

Принимая во внимание разработанный обобщённый алгоритм интеграции моделей для проектируемых АС и особенности работы специалистов, включая работу со структурами в вычислительной среде, дополнительно формально опишем интеграцию форм описаний моделей. Формы описаний моделей для проектируемых АС представлены на рисунке 2.7.

Как было указано ранее, интеграция возможна только среди однородных описаний, т.е. конструкций, принадлежащих к одному типу, к одним составляющим и относящихся к одним моделям.

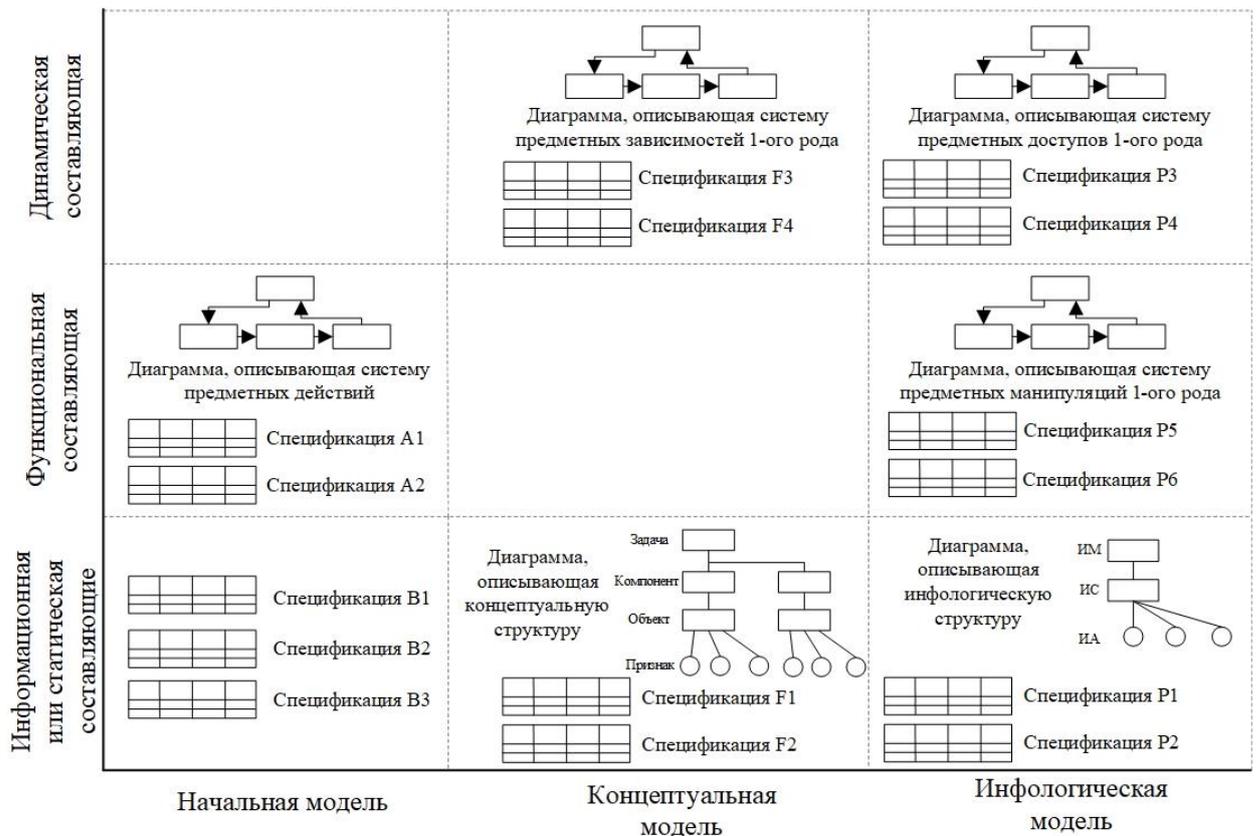


Рисунок 2.7 – Формы описаний моделей для проектируемых АС

2.5 Разработка формального описания интеграций спецификаций

Известно, что в вычислительной среде хранение и обработка систем предметных действий, зависимостей, доступов первого рода, манипуляций первого рода, концептуальных и инфологических структур осуществляется посредством описания их в табличной форме, поэтому сначала опишем интеграцию описаний в виде спецификаций.

Для упрощения описания интеграции спецификаций введем следующие обозначения:

$SPE_e^{S_0}$ – спецификация комплекса, в которую осуществляется интеграция;

$SPE_e^{S(m)}$ – спецификация, которая интегрируется в спецификацию комплекса;

$SPE_e^{S_0^*}$ – спецификация, являющаяся результатом интеграции $SPE_e^{S_0}$ в $SPE_e^{S(m)}$.

При этом индекс e определяет порядковый номер спецификации в рамках составляющей соответствующей модели, а S фиксирует соответствующую систему: СПД, СПЗ 1-го рода, СПД 1-го рода, СПМ 1-го рода или структуру (концептуальную, инфологическую) среди различных моделей.

Также следует отметить, что спецификации с индексом 0 описывают обобщённую модель, то есть данные спецификации предполагают включение интегрируемых описаний, с индексом m – описания, относящиеся к локальной модели, в последующем интегрируемые в комплекс. Знаком «*» отмечены спецификации, полученные в результате интеграции табличных описаний локальной и обобщённой моделей.

Для описания спецификаций выбрана реляционная модель данных. Для этого типа модели имеется математический аппарат – реляционная алгебра [92 - 97].

Домены и кортежи формально можно описать следующим образом соответственно:

$$P_e^{S(m)} = \left(P_1^{S(m)}, P_2^{S(m)}, \dots, P_k^{S(m)} \right), \quad (2.33)$$

$$E_e^{S(m)} = \left(E_1^{S(m)}, E_2^{S(m)}, \dots, E_l^{S(m)} \right). \quad (2.34)$$

Формула 2.35 демонстрирует соответствие имени таблицы и атрибутов (заголовков столбцов). Визуально формула может быть воспринята как «шапка» таблицы:

$$SPE_e^{S(m)} = \left\{ p_1^{S(m)}, p_2^{S(m)}, \dots, p_k^{S(m)} \right\}. \quad (2.35)$$

Получается, спецификацию $SPE_e^{S(m)}$ можно формально можно описать следующим образом:

$$SPE_e^{S(m)} = \bigcup_l E_i^{S(m)}, E_i^{S(m)} = \left\{ (e_l p_k)^{S(m)} \right\}. \quad (2.36)$$

Формула 2.36 определяет, как имя таблицы соотносится с кортежами в данной таблице. При этом важно учитывать, что каждая строка имеет определенную структуру, включающую состояния всех столбцов. [92 - 97].

Графическая интерпретация спецификации в табличном виде представлена на рисунке 2.8.

Спецификация $SPE_e^{S(m)}$

		Домены	$P_1^{S(m)}$	$P_2^{S(m)}$...	$P_k^{S(m)}$
Схема отношений			$P_1^{S(m)}$	$P_2^{S(m)}$...	$P_k^{S(m)}$
Кортежи	$E_1^{S(m)}$	$(e_1 p_1)^{S(m)}$	$(e_1 p_2)^{S(m)}$...	$(e_1 p_k)^{S(m)}$	
	$E_2^{S(m)}$	$(e_2 p_1)^{S(m)}$	$(e_2 p_2)^{S(m)}$...	$(e_2 p_k)^{S(m)}$	
	
	$E_l^{S(m)}$	$(e_l p_1)^{S(m)}$	$(e_l p_k)^{S(m)}$...	$(e_l p_k)^{S(m)}$	

Рисунок 2.8 – Графическая интерпретация спецификации

Формирование спецификаций для диаграмм заключается в отображении полученной закодированной структуры в табличном виде.

При этом для НМ в рамках функциональной составляющей в спецификации А1 фиксируется состав СПД, спецификация А2 позволяет зафиксировать для каждого сложного действия упорядоченность простых, учитывая базовые и типовые конструкции. Описание информационной составляющей фиксируется в виде спецификации В1, отражающей результаты классификации информации, и В2, которая описывает параметры ПЗ, выявленные на основании описания содержательных характеристик элементарных предметных действий, и В3, которая показывает группировку параметров ПЗ [22].

Для КМ в рамках динамической составляющей в спецификации F3 фиксируется состав СПЗ 1-го рода, спецификация F4 позволяет зафиксировать для каждой сложной предметной зависимости первого рода упорядоченность простых, учитывая базовые и типовые конструкции. Описание статической составляющей фиксируется в виде спецификации F1, описывающей ПК, и F2, которая описывает бинарные связи ПК [23].

Для ИЛМ в рамках функциональной составляющей в спецификации P5 фиксируется состав СПМ 1-го рода, спецификация P6 позволяет зафиксировать для каждой сложной предметной манипуляции первого рода упорядоченность простых, учитывая базовые и типовые конструкции, в рамках динамической составляющей описание фиксируется в виде спецификации P3, которая описывает предметные доступы первого рода, и P4, описывающий бинарные связи между структурами предметных доступов первого рода. Описание статической составляющей фиксируется в виде спецификации P1, которая описывает именованные структурные единицы, и P2, описывающие бинарные связи между именованными структурными единицами [24].

С учетом вышеизложенного различные системы (СПД, СПЗ 1-го рода, СПМ 1-го рода, СПД 1-го рода) и структуры (концептуальная, инфологическая) соотносятся с табличной интерпретацией и формально описываются определенным образом, представленным в Таблице № 2.2.

Таблица 2.2 – Соответствие различных систем и структуры с ее табличным описанием

Модель	Составляющая	Описание составляющих моделей	Описание модели в виде спецификаций
1	2	3	4
Начальная модель	Функциональная	СПД: $Z2(m) = (Y(m), FN2(m))$, включающая множество предметных действий: $Y(m) = Y_i(m)$, $Y_i(m) = \{y_{ij}^m\}$ и множество бинарных связей между предметными действиями: $FN2(m)$.	Спецификации, описывающие СПД: A1: $SPE_1^{Z2(m)}$; A2: $SPE_2^{Z2(m)}$.
	Информационная	Множество параметров: $X(m) = X_i(m)$, $X_i(m) = \{x_{ij}^m\}$.	Спецификации: B1: $SPE_1^{-(m)}$; B2: $SPE_2^{-(m)}$; B3: $SPE_3^{-(m)}$.
Концептуальная модель	Динамическая	СПЗ 1-го рода: $\overline{F2}(m) = (\overline{W}(m), \overline{FV2}(m))$, включающая множество предметных зависимостей первого рода: $\overline{W}(m) = \overline{W}_i(m)$, $\overline{W}_i(m) = \{\overline{w}_{ij}^m\}$ и множество бинарных связей между предметными зависимостями первого рода: $\overline{FV2}(m)$.	Спецификации, описывающие СПЗ 1-го рода: F3: $SPE_1^{\overline{F2}(m)}$; F4: $SPE_2^{\overline{F2}(m)}$.
	Статическая	Концептуальная структура: $SA(m) = (A(m), T2(m))$, включающая множество предметных категорий: $A(m) = A_i(m)$, $A_i(m) = \{a_{ij}^m\}$ и множество бинарных связей между предметными категориями: $T2(m)$.	Спецификации, описывающие концептуальную структуру: F1: $SPE_1^{SA(m)}$; F2: $SPE_2^{SA(m)}$.

Продолжение Таблицы 2.2

1	2	3	4
Инфологическая модель	Функциональная	СПМ 1-го рода: $\overline{Z2}(m) = (\overline{X2}(m), \overline{QX2}(m))$, включающая множество предметных манипуляций первого рода: $\overline{X2}(m) = \overline{X2_i}(m)$, $\overline{X2_i}(m) = \{\overline{x2_{ij}^m}\}$ и множество бинарных связей между предметными манипуляциями первого рода: $\overline{QX2}(m)$.	Спецификации, описывающие СПМ 1-го рода: P5: $SPE_1^{\overline{Z2}(m)}$; P6: $SPE_2^{\overline{Z2}(m)}$.
	Динамическая	СПД 1-го рода: $\overline{Q2}(m) = (\overline{R}(m), \overline{QS2}(m))$, включающая множество предметных доступов первого рода: $\overline{R}(m) = \overline{R_i}(m)$, $\overline{R_i}(m) = \{\overline{r_{ij}^m}\}$, и множество бинарных связей между предметными доступами первого рода: $\overline{QS2}(m)$.	Спецификации, описывающие СПД 1-го рода: P3: $SPE_1^{\overline{Q2}(m)}$; P4: $SPE_2^{\overline{Q2}(m)}$.
	Статическая	Инфологическая структура: $SC(m) = (C(m), D2(m))$, включающая множество структурных единиц: $C(m) = C_i(m)$, $C_i(m) = \{c_{ij}^m\}$ и множество бинарных связей между структурными единицами: $D2(m)$.	Спецификации, описывающие инфологическую структуру: P3: $SPE_1^{SC(m)}$; P4: $SPE_2^{SC(m)}$.

С учетом ранее введенных обозначений произведем интеграцию спецификаций $SPE_e^{S_0}$, $SPE_e^{S(m)}$:

$$SPE_e^{S_0^*} = SPE_e^{S_0} \cup SPE_e^{S(m)}. \quad (2.37)$$

Интеграция двух спецификаций состоит в объединении двух таблиц – в переносе информации из одной таблицы в другую. Для процессных описаний в образовавшуюся точку слияния:

$$E_e^{S_0^*} = E_e^{S_0} \cup E_e^{S(m)}. \quad (2.38)$$

При этом, как говорилось ранее, интеграция возможна среди однородных структур, а это значит, что количество столбцов в спецификациях, участвующих в интеграции, должно быть одинаковым:

$$P_e^{S_0} = P_e^{S(m)}. \quad (2.39)$$

Помимо этого, также необходимо решать вопросы, связанные с выделением места под интегрируемую диаграмму, перекодировкой (рассмотрена на примере интеграции диаграмм), и проверкой полученной спецификации на предмет наличия ошибок и коллизий.

2.6 Разработка формального описания интеграции диаграмм

В связи с тем, что визуальное представление более целостно для восприятия специалистом, которому необходимо управлять процессом интеграции и осуществлять проверку результата интеграции, для должного понимания специалистом того, как осуществляется процесс интеграция, имеет место быть разработка формального описания интеграции систем предметных действий, зависимостей, доступов, манипуляций первого рода, концептуальных и инфологических структур, описываемых в виде специальных диаграмм.

Для упрощения описания интеграции диаграмм введем следующие обозначения:

DTE^{S_0} – диаграмма комплекса, в которую осуществляется интеграция;

$DTE^{S(m)}$ – диаграмма, которая интегрируется в диаграмму комплекса;

$DTE^{S_0^*}$ – диаграмма, которая является результатом интеграции DTE^{S_0} в $DTE^{S(m)}$.

При этом индекс S фиксирует соответствующую систему (СПД, СПЗ 1-го рода, СПД 1-го рода, СПМ 1-го рода) или структуру (концептуальную, инфологическую) среди различных моделей. Знаком «*» отмечены диаграммы, полученные в результате интеграции графических описаний локальной и обобщённой моделей.

Также следует отметить, что диаграммы с индексом 0 описывают обобщённую модель, то есть данные диаграммы предполагают включение интегрируемых описаний, с индексом m – описания, относящиеся к локальной модели, в последующем интегрируемые в комплекс. Данные модели, описываемые в виде диаграмм, в дальнейшем могут выступать как обобщенные, так и локальные.

Примем во внимания, что диаграмма, описывающая СПД, СПЗ 1-го рода, СПД 1-го рода, СПМ 1-го рода или структуру (концептуальную и инфологическую), является в свою очередь графом:

$$DTE^{S(m)} = \{T^{S(m)}, E^{S(m)}\}, \quad (2.40)$$

где $T^{S(m)}$ – множество вершин, а $E^{S(m)}$ – множество его ребер [98].

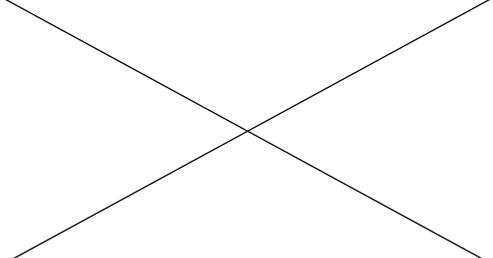
При этом данный граф в качестве вершин содержит множество элементов: предметных действий, зависимостей, доступов, манипуляций первого рода, категорий, структурных единиц, а в качестве ребер – множество бинарных связей между элементами [98].

С учетом вышеизложенного данные системы (СПД, СПЗ 1-го рода, СПД 1-го рода, СПМ 1-го рода) и структуры (концептуальная, инфологическая) соотносятся с графической интерпретацией и формально описываются определенным образом, представленным в Таблице № 2.3.

Таблица 2.3 – Соответствие различных систем и структур (концептуальной, инфологической) с ее графическим описанием

Модель	Составляющая	Описание составляющих моделей	Описание модели в виде диаграмм
1	2	3	4
Начальная модель	Функциональная	СПД: $Z2(m) = (Y(m), FN2(m))$, включающая множество предметных действий: $Y(m) = Y_i(m)$, $Y_i(m) = \{y_{ij}^m\}$ и множество бинарных связей между предметными действиями: $FN2(m)$.	Диаграмма, описывающая СПД: $DTE^{Z2(m)} = (T^{Z2(m)}, E^{Z2(m)})$, включающая множество вершин диаграммы: $T^{Z2(m)} = T_i^{Z2(m)}$, $T_i^{Z2(m)} = \{t_{ij}^{Z2(m)}\}$ и множество ребер диаграммы: $E^{Z2(m)}$.

Продолжение Таблицы 2.3

1	2	3	4
Начальная модель	Информационная	<p>Множество параметров: $X(m) = X_i(m), X_i(m) = \{x_{ij}^m\}$.</p>	
Концептуальная модель	Динамическая	<p>СПЗ 1-го рода: $\overline{F2}(m) = (\overline{W}(m), \overline{FV2}(m))$, включающая множество предметных зависимостей первого рода: $\overline{W}(m) = \overline{W}_i(m), \overline{W}_i(m) = \{\overline{w}_{ij}^m\}$ и множество бинарных связей между предметными зависимостями первого рода: $\overline{FV2}(m)$.</p>	<p>Диаграмма, описывающая СПЗ 1-го рода: $DTE^{\overline{F2}(m)} = (T^{\overline{F2}(m)}, E^{\overline{F2}(m)})$, включающая множество вершин диаграммы: $T^{\overline{F2}(m)} = T_i^{\overline{F2}(m)}, T_i^{\overline{F2}(m)} = \{t_{ij}^{\overline{F2}(m)}\}$ и множество ребер диаграммы: $E^{\overline{F2}(m)}$.</p>
	Статическая	<p>Концептуальная структура: $SA(m) = (A(m), T2(m))$, включающая множество предметных категорий: $A(m) = A_i(m), A_i(m) = \{a_{ij}^m\}$ и множество бинарных связей между предметными категориями: $T2(m)$.</p>	<p>Диаграмма, описывающая концептуальную структуру: $DTE^{SA(m)} = (T^{SA(m)}, E^{SA(m)})$, включающая множество вершин диаграммы: $T^{SA(m)} = T_i^{SA(m)}, T_i^{SA(m)} = \{t_{ij}^{SA(m)}\}$ и множество ребер диаграммы: $E^{SA(m)}$.</p>
Инфологическая модель	Функциональная	<p>СПМ 1-го рода: $\overline{X2}(m) = (\overline{X2}(m), \overline{QX2}(m))$, включающая множество предметных манипуляций первого рода: $\overline{X2}(m) = \overline{X2}_i(m), \overline{X2}_i(m) = \{x_{ij}^m\}$ и множество бинарных связей между предметными манипуляциями первого рода: $\overline{QX2}(m)$.</p>	<p>Диаграмма, описывающая СПМ 1-го рода: $DTE^{\overline{X2}(m)} = (T^{\overline{X2}(m)}, E^{\overline{X2}(m)})$, включающая множество вершин диаграммы: $T^{\overline{X2}(m)} = T_i^{\overline{X2}(m)}, T_i^{\overline{X2}(m)} = \{t_{ij}^{\overline{X2}(m)}\}$ и множество ребер диаграммы: $E^{\overline{X2}(m)}$.</p>

Продолжение Таблицы 2.3

1	2	3	4
Инфолингвистическая модель	Динамическая	СПД 1-го рода: $\overline{Q2}(m) = (\overline{R}(m), \overline{QS2}(m))$, включающая множество предметных доступов первого рода: $\overline{R}(m) = \overline{R}_i(m)$, $\overline{R}_i(m) = \{\overline{r}_{ij}^m\}$, и множество бинарных связей между предметными доступами первого рода: $\overline{QS2}(m)$.	Диаграмма, описывающая СПД 1-го рода: $DTE^{\overline{Q2}(m)} = (T^{\overline{Q2}(m)}, E^{\overline{Q2}(m)})$, включающая множество вершин диаграммы: $T^{\overline{Q2}(m)} = T_i^{\overline{Q2}(m)}$, $T_i^{\overline{Q2}(m)} = \{t_{ij}^{\overline{Q2}(m)}\}$ и множество ребер диаграммы: $E^{\overline{Q2}(m)}$.
	Статическая	Инфолингвистическая структура: $SC(m) = (C(m), D2(m))$, включающая множество структурных единиц: $C(m) = C_i(m)$, $C_i(m) = \{c_{ij}^m\}$ и множество бинарных связей между структурными единицами: $D2(m)$.	Диаграмма, описывающая инфолингвистическую структуру: $DTE^{SC(m)} = (T^{SC(m)}, E^{SC(m)})$, включающая множество вершин диаграммы: $T^{SC(m)} = T_i^{SC(m)}$, $T_i^{SC(m)} = \{t_{ij}^{SC(m)}\}$ и множество ребер диаграммы: $E^{SC(m)}$.

С учетом ранее введенных обозначений и выделенного ранга произведем интеграцию процессных диаграмм DTE^{S_0} , $DTE^{S(m)}$:

$$DTE^{S_0^*} = DTE^{S_0} \cup DTE^{S(m)} \quad (2.41)$$

Интеграция двух диаграмм состоит в объединении их элементов, в создании и восстановлении связей между элементами, при этом необходимо учитывать точку слияния диаграмм, вопросы, связанные с выделением места под интегрируемую диаграмму, перекодировку элементов, а также с проверкой полученной диаграммы на предмет наличия ошибок и коллизий.

С учетом состава структур и введенных ранее обозначений, элементы диаграмм, принадлежащие системам S_0 , $S(m)$ описываются следующим образом: $t_{kl}^{S_0}$ – l -ый элемент диаграммы k -го уровня декомпозиции, $t_{cv}^{S(m)}$ – v -ый элемент диаграммы c -го уровня декомпозиции.

В месте стыковки диаграмм первый интегрируемый элемент принимает индексы исходного элемента. При этом следует учитывать, что данные элементы диаграмм по смыслу должны быть семантически аналогичны.

$$t_{cv}^{S(m)} \equiv t_{kl}^{S_0} \rightarrow t_{kl}^{S_0^*} \quad (2.42)$$

Далее перекодировка элементов диаграмм будет происходить в соответствии с одним из следующих вариантов:

- когда подмножество элементов k -го уровня декомпозиции не имеет ни одного элемента, имеющего связь вида «состав»;
- когда подмножество элементов k -го уровня декомпозиции имеет хотя бы один элемент диаграммы, имеющий связь вида «состав» и располагающийся до места стыковки диаграмм;
- когда подмножество элементов k -го уровня декомпозиции имеет элементы, имеющие связь вида «состав» и располагающиеся до и после места стыковки диаграмм [87, 89, 97, 99-104].

Рассмотрим каждый вариант подробнее.

1. Интеграция диаграмм, когда подмножество элементов k -го уровня декомпозиции не имеет ни одного элемента, имеющего связь вида «состав», осуществляется в соответствии с рисунком 2.9.

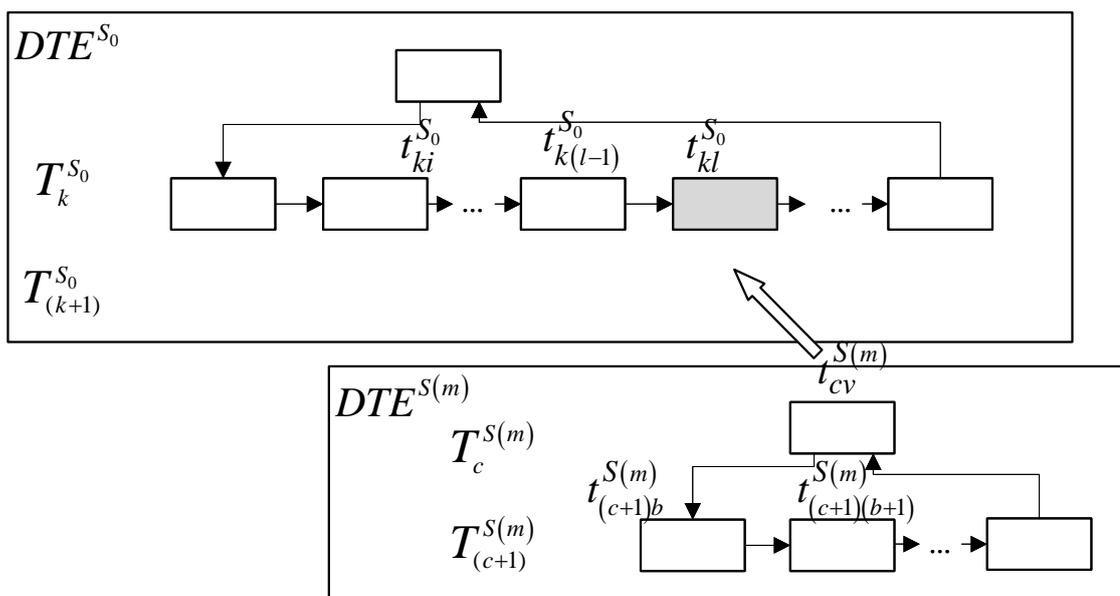


Рисунок 2.9 – Интеграция диаграмм в соответствии с вариантом 1

Если $\exists t_{(k+1)j}^{S_0} : (t_{ki}^{S_0}, t_{(k+1)j}^{S_0}) \in LT_k^{S_0} T_{(k+1)}^{S_0}$, где $i < l$,

то кодировка включаемых элементов будет следующая: $t_{za}^{S(m)} \equiv t_{qw}^{S_0^*}$,

где $z = c + p$, $a = b$, $q = k + p$, $w = g$, при этом p, g счетчики,

то есть: $t_{(c+1)(b)}^{S(m)} \equiv t_{(k+1)(1)}^{S_0^*}$, $t_{(c+1)(b+1)}^{S(m)} \equiv t_{(k+1)(2)}^{S_0^*}$ и т.д.

Графическая интерпретация условия и перекодировка элементов интегрируемой диаграммы $DTE^{S(m)}$ приведены на рисунках 2.10 и 2.11 соответственно.

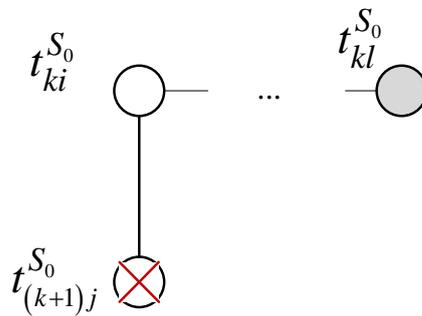


Рисунок 2.10 – Графическая интерпретация формулы условия 1

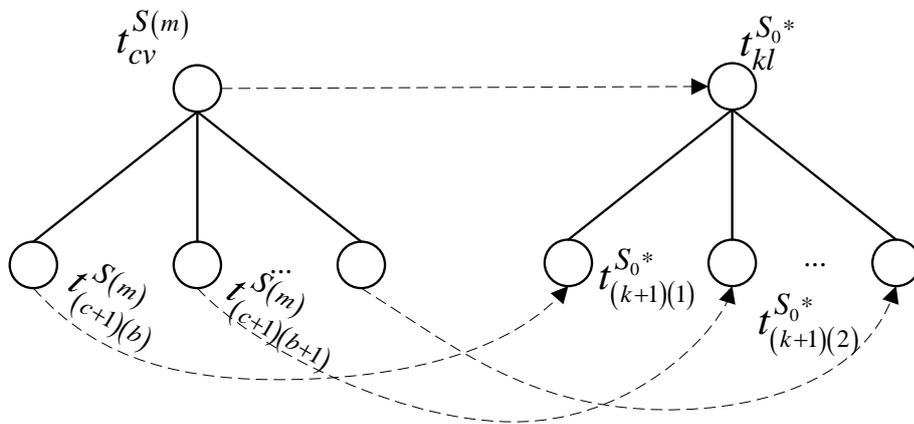


Рисунок 2.11 – Перекодировка элементов интегрируемой диаграммы $DTE^{S(m)}$

2. Интеграция диаграмм, когда подмножество элементов k -го уровня декомпозиции имеет хотя бы один элемент, имеющий связь вида «состав» и располагающийся до места стыковки диаграмм, осуществляется в соответствии с рисунком 2.12.

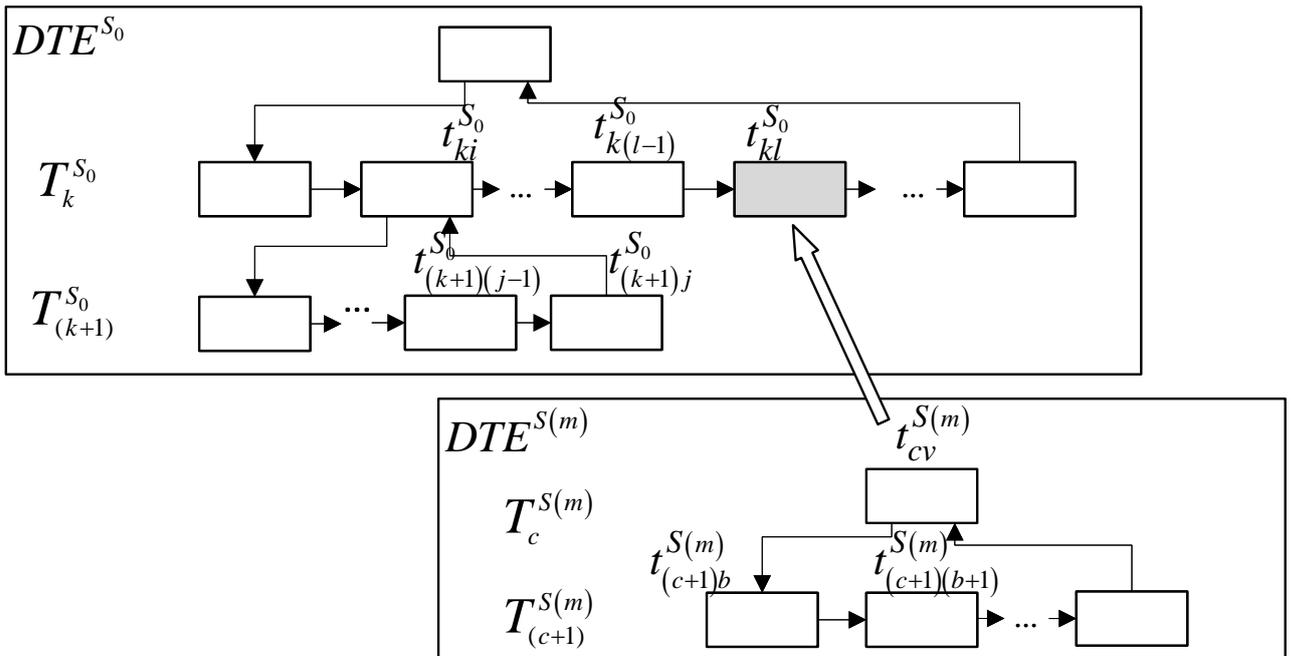


Рисунок 2.12 – Интеграция диаграмм в соответствии с вариантом 2

Если $\exists t_{(k+1)j}^{S_0} : (t_{ki}^{S_0}, t_{(k+1)j}^{S_0}) \in LT_k T_{k+1}$ & $\exists t_{(k+1)(j+1)}^{S_0} : (t_{ki}^{S_0}, t_{(k+1)(j+1)}^{S_0}) \in LT_k T_{k+1}$, где $i < l$, то кодировка включаемых элементов, будет следующая $t_{za}^{S(m)} \equiv t_{qw}^{S_0^*}$, где $z = c + p$, $a = b$, $q = k + p$, $w = j + g$, при этом p, g счетчики, то есть $t_{(c+1)b}^{S(m)} \equiv t_{(k+1)(j+1)}^{S_0^*}$, $t_{(c+1)(b+1)}^{S(m)} \equiv t_{(k+1)(j+2)}^{S_0^*}$ и т.д.

Графическая интерпретация условий и перекодировка элементов интегрируемой диаграммы $DTE^{S(m)}$ при слиянии диаграмм приведены на рисунках 2.13 и 2.14 соответственно.

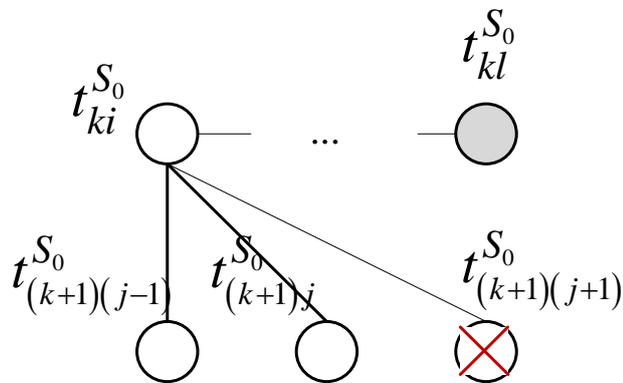


Рисунок 2.13 – Графическая интерпретация формулы условия 2

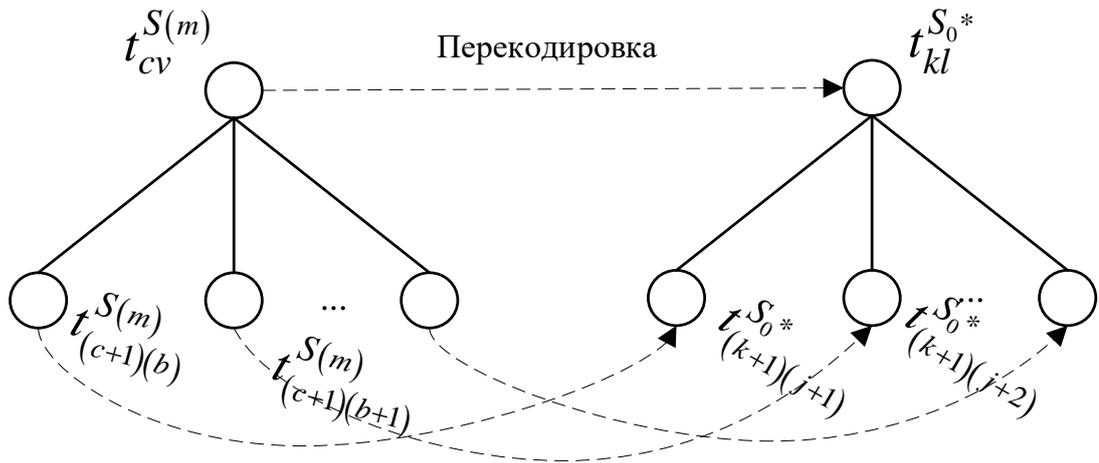


Рисунок 2.14 – Перекодировка элементов интегрируемой диаграммы $DTE^{S(m)}$

3. Интеграция диаграмм, когда подмножество элементов k -го уровня декомпозиции имеет предметные действия, имеющие связь вида «состав» и располагающиеся до и после места стыковки диаграмм, осуществляется в соответствии с рисунком 2.15.

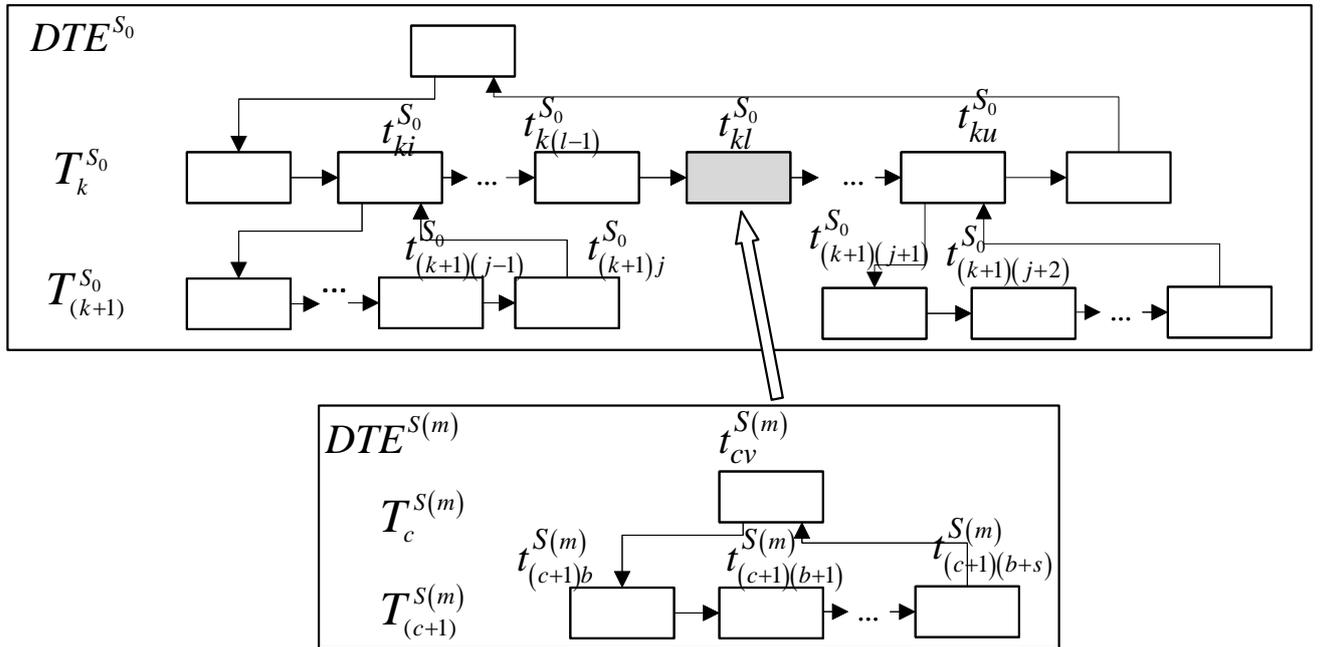


Рисунок 2.15 – Интеграция диаграммы в соответствии с вариантом 3

Если $\exists t_{(k+1)j}^{S_0} : (t_{ki}^{S_0}, t_{(k+1)j}^{S_0}) \in LT_k T_{k+1}$ & $\exists t_{(k+1)(j+1)}^{S_0} : (t_{ku}^{S_0}, t_{(k+1)(j+1)}^{S_0}) \in LT_k T_{k+1}$, где $i < l < u$, то кодировка включаемых элементов будет следующая при $w < u$ - $t_{za}^{S(m)} \equiv t_{qw}^{S_0^*}$, и при $u \leq r$ - $t_{ze}^{S_0} \equiv t_{qr}^{S_0^*}$, где $z = c + p$, $a = b$, $q = k + p$,

$w = j + g$, $e = j + 1$, $r = e + w + G$ при этом p , g , G счетчики. То есть:

$$t_{(c+1)(b)}^{S(m)} \equiv t_{(k+1)(j+1)}^{S_0^*}, \quad t_{(c+1)(b+1)}^{S(m)} \equiv t_{(k+1)(j+2)}^{S_0^*}, \quad \dots, \quad t_{(c+1)(b+s)}^{S(m)} \equiv t_{(k+1)(j+s)}^{S_0^*},$$

$$t_{(k+1)(j+1)}^{S_0} \equiv t_{(k+1)((j+1)+s)}^{S_0^*}, \quad t_{(k+1)(j+2)}^{S_0} \equiv t_{(k+1)((j+2)+s)}^{S_0^*} \text{ и т.д.}$$

Графическая интерпретация условий и перекодировка элементов диаграмм при слиянии приведены на рисунках 2.16 и 2.17 соответственно.

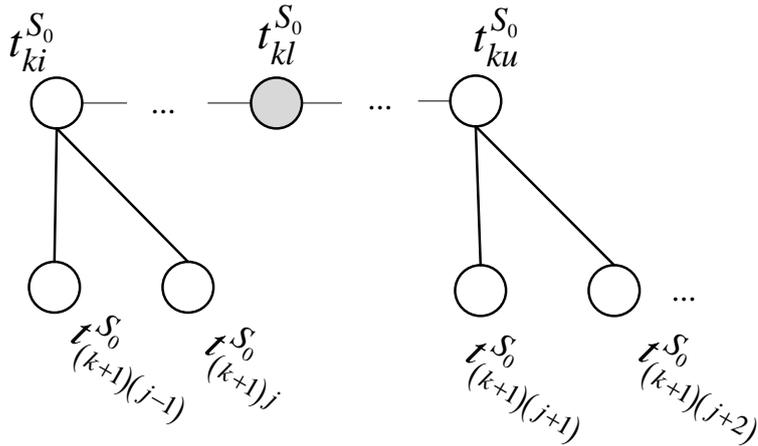


Рисунок 2.16 – Графическая интерпретация условия 3

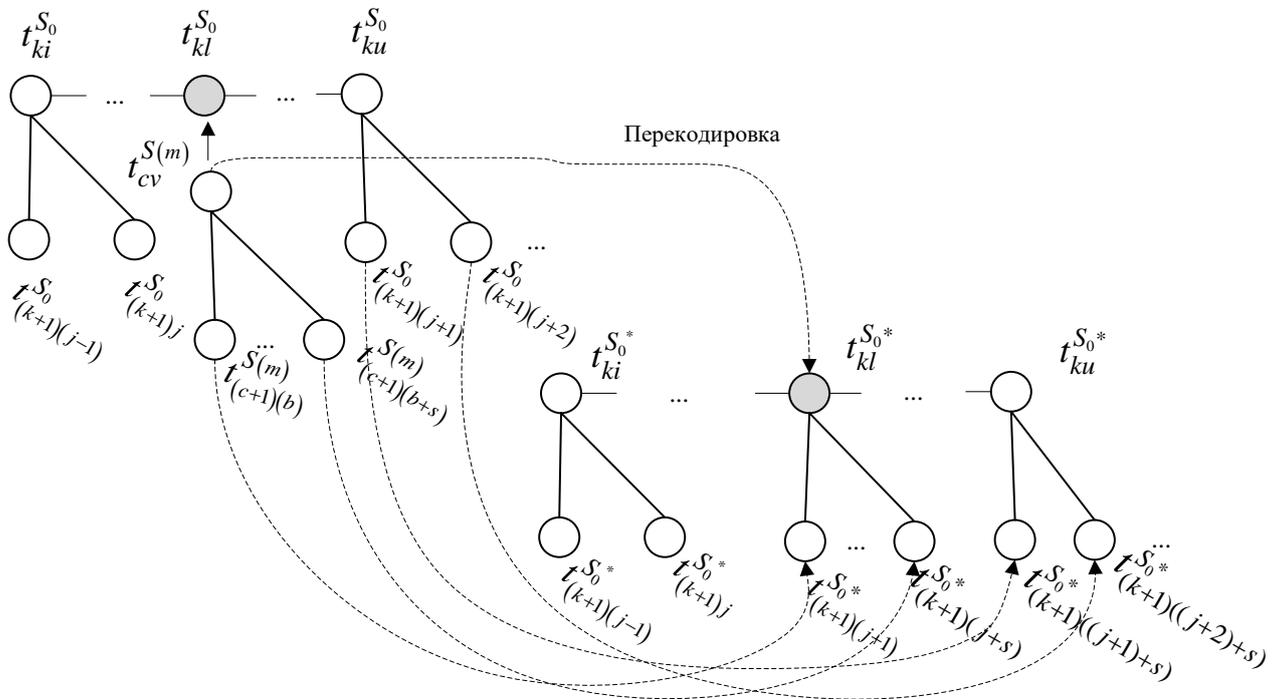


Рисунок 2.17 – Перекодировка элементов интегрируемых диаграмм

$$DTE^{S(m)} \text{ и } DTE^{S_0}$$

Произведем интеграцию статических диаграмм, описывающих концептуальные структуры, DTE^{SA_0} , $DTE^{SA(m)}$, учитывая особенности этих структур и ранее введённого унифицированного формального описания:

$$DTE^{SA_0} = \{T_s^{SA_0}, T_p^{SA_0}, T_z^{SA_0}, T_k^{SA_0}, T_o^{SA_0}, T_r^{SA_0}, T_c^{SA_0}\},$$

$$DTE^{SA(m)} = \{T_s^{SA(m)}, T_p^{SA(m)}, T_z^{SA(m)}, T_k^{SA(m)}, T_o^{SA(m)}, T_r^{SA(m)}, T_c^{SA(m)}\}:$$

$$DTE^{SA_0^*} = DTE^{SA_0} \cup DTE^{SA(m)}. \quad (2.43)$$

В результате интеграции получаем следующую диаграмму:

$$DTE^{SA_0^*} = \{T_s^{SA_0^*}, T_p^{SA_0^*}, T_z^{SA_0^*}, T_k^{SA_0^*}, T_o^{SA_0^*}, T_r^{SA_0^*}, T_c^{SA_0^*}\}.$$

Интеграция данных структур осуществляется по уровням и заключается в переносе категорий из одной диаграммы в другую, в восстановлении и (или) создании новых связей между категориями, в перекодировке категорий, а также в проверке полученной диаграммы на предмет наличия ошибок и коллизий. При интеграции статических структур важно понимать, что определение места слияния диаграмм, как это происходит в процессных диаграммах, не является значимым этапом, так как интеграция всегда начинается с верхнего уровня.

Рассмотрим более подробно интеграцию на уровнях «Цикл», «Процесс» и «Задача». Интеграция диаграмм на уровнях «Компонент», «Объект», «Признак» и «Значение» осуществляется аналогичным способом, применяемым при интеграции на уровне «Задача». Однако при интеграции диаграмм, описывающих концептуальные структуры, на уровне «Значение» следует учитывать, что восстановление связей возможно только с уровнем выше, так как данный уровень является последним в концептуальной структуре.

Интеграция на уровне «Цикл» осуществляется и возможна в случае, если $t_{sl}^{SA_0} \equiv t_{st}^{SA(m)}$, в противном случае интеграция основных концептуальных структур невозможна. При данной интеграции необходимо восстановить связи между категориями уровней «Цикл», «Процесс» и более низкими.

После успешной интеграции на уровне «Цикл» процесс переходит на следующий уровень – на уровень «Процесс». Если $T_p^{SA_0} = \{t_{p1}^{SA_0}, \dots, t_{p\alpha}^{SA_0}\}$, $T_p^{SA(m)} = \{t_{p1}^{SA(m)}, \dots, t_{p\varphi}^{SA(m)}\}$, то $T_p^{SA_0^*} = T_p^{SA_0} \cup T_p^{SA(m)}$, то есть $t_{p1}^{SA_0} \equiv t_{p1}^{SA_0^*}, \dots, t_{p\alpha}^{SA_0} \equiv t_{p\alpha}^{SA_0^*}, t_{p1}^{SA(m)} \equiv t_{p(\alpha+1)}^{SA_0^*}, \dots, t_{p\varphi}^{SA(m)} \equiv t_{p(\alpha+\varphi)}^{SA_0^*}$. При слиянии на данном уровне если категории уровня «Процесс» семантически одинаковы $t_{pi}^{SA_0} \equiv t_{pj}^{SA(m)}$, то в итоговую диаграмму попадает категория, принадлежащая исходной диаграмме, - $t_{pi}^{SA_0} \rightarrow t_{pi}^{SA_0^*}$, в противном случае в итоговую диаграмму попадают обе категории: $t_{pi}^{SA_0}, t_{pj}^{SA(m)}$.

После успешной интеграции на уровне «Процесс» процесс переходит на следующий уровень – на уровень «Задача». Если $T_z^{SA_0} = \{t_{z1}^{SA_0}, \dots, t_{z\beta}^{SA_0}\}$, $T_z^{SA(m)} = \{t_{z1}^{SA(m)}, \dots, t_{z\gamma}^{SA(m)}\}$, то $T_z^{SA_0^*} = T_z^{SA_0} \cup T_z^{SA(m)}$, то есть $t_{z1}^{SA_0} \equiv t_{z1}^{SA_0^*}, \dots, t_{z\beta}^{SA_0} \equiv t_{z\beta}^{SA_0^*}, t_{z1}^{SA(m)} \equiv t_{z(\beta+1)}^{SA_0^*}, \dots, t_{z\gamma}^{SA(m)} \equiv t_{z(\beta+\gamma)}^{SA_0^*}$. При слиянии на данном уровне если категории уровня «Задача» семантически одинаковы $t_{zi}^{SA_0} \equiv t_{zj}^{SA(m)}$ и $\exists t_{pt}^{SA_0^*} : LT_t^{SA_0^*} T_z = \{(t_{pt}^{SA_0^*}, t_{zi}^{SA_0}) \mid t_{pt}^{SA_0^*} \in T_p^{SA_0^*}, t_{zi}^{SA_0} \in T_z^{SA_0}\}, LT_p^{SA_0^*} T_z^{SA(m)} = \{(t_{pt}^{SA_0^*}, t_{zj}^{SA(m)}) \mid t_{pt}^{SA_0^*} \in T_p^{SA_0^*}, t_{zj}^{SA(m)} \in T_z^{SA(m)}\}$, то в итоговую диаграмму попадет категория, принадлежащая исходной диаграмме, - $t_{zi}^{SA_0} \rightarrow t_{zi}^{SA_0^*}$, в противном случае, если $t_{zi}^{SA_0} \not\equiv t_{zj}^{SA(m)}$, то в итоговую диаграмму попадают обе категории: $t_{zi}^{SA_0}, t_{zj}^{SA(m)}$. Интеграция диаграмм (фрагменты диаграмм), описывающих концептуальные структуры, на уровне «Задача» приведена на рисунке 2.18.

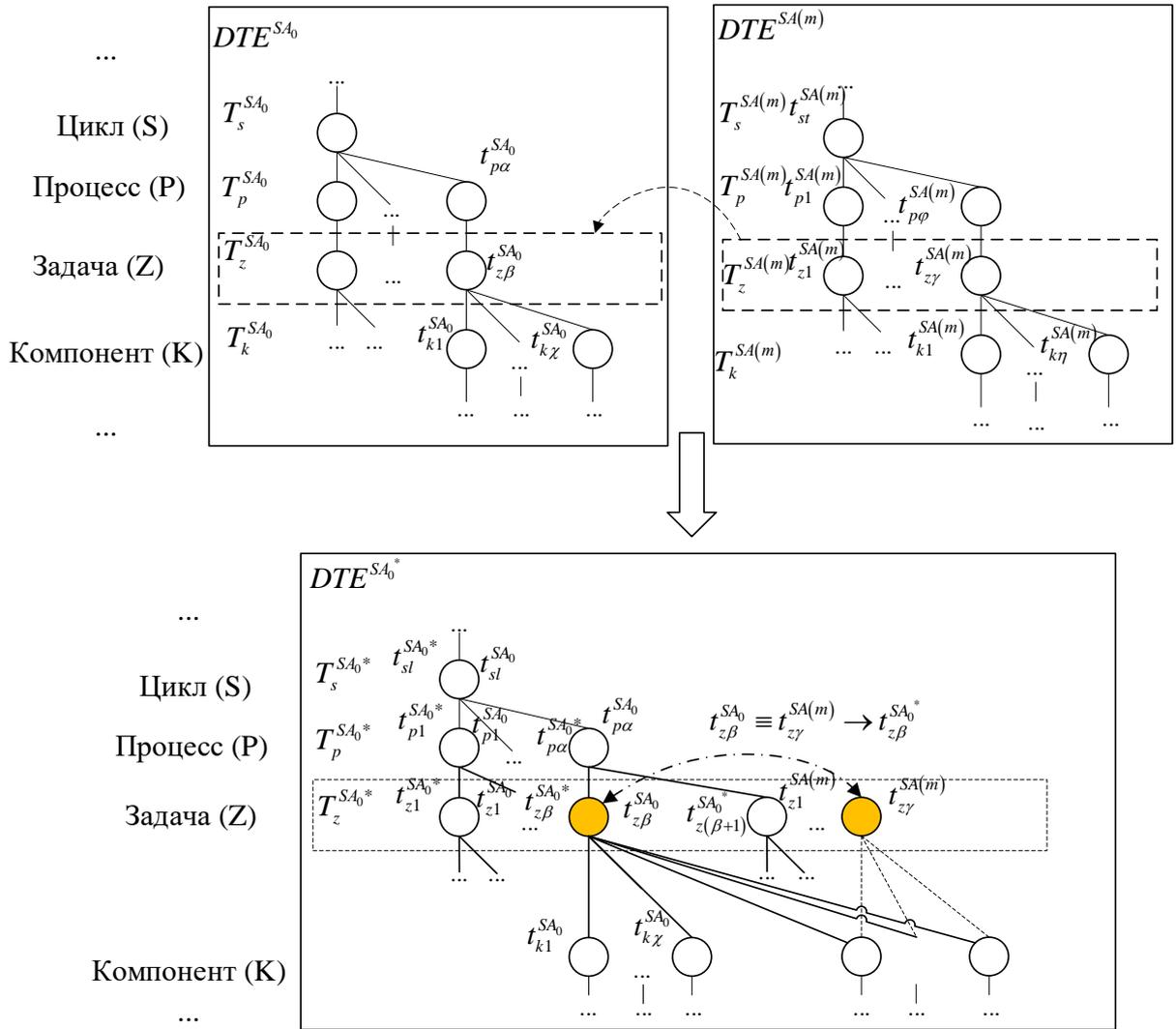


Рисунок 2.18 – Интеграция диаграмм, описывающих концептуальные структуры, на уровне «Задача»

Произведем интеграцию диаграмм, описывающих инфологические структуры DTE^{SC_0} и $DTE^{SA(m)}$, с учетом особенности этих структур и ранее введенного унифицированного формального описания:

$$DTE^{SC_0} = \left\{ \left\{ T_p^{SC_0}, T_q^{SC_0}, T_r^{SC_0} \right\}, \left\{ T_p^{SC_0}, T_q^{SC_0}, T_r^{SC_0} \right\}, \left\{ T_p^{SC_0}, T_q^{SC_0}, T_r^{SC_0} \right\} \right\},$$

$$DTE^{SC(m)} = \left\{ \left\{ T_p^{SC(m)}, T_q^{SC(m)}, T_r^{SC(m)} \right\}, \left\{ T_p^{SC(m)}, T_q^{SC(m)}, T_r^{SC(m)} \right\}, \left\{ T_p^{SC(m)}, T_q^{SC(m)}, T_r^{SC(m)} \right\} \right\},$$

$$\left\{ T_p^{SC(m)}, T_q^{SC(m)}, T_r^{SC(m)} \right\} :$$

$$DTE^{SC_0*} = DTE^{SC_0} \cup DTE^{SC(m)}. \tag{2.44}$$

В результате интеграции получаем следующую диаграмму:

$$DTE^{SC_0^*} = \left\{ \left\{ T_1^p, T_1^q, T_1^r \right\}, \left\{ T_3^p, T_3^q, T_3^r \right\}, \left\{ T_5^p, T_5^q, T_5^r \right\} \right\},$$

при этом индексами p, q, r обозначается тип структурной единицы, где p – информационный модуль, q – информационная сущность, r – информационный атрибут, а 1, 3, 5 – уровень сложности структурной единицы.

Интеграция данных структур осуществляется по уровням и заключается в переносе структурных единиц из одной диаграммы в другую, в восстановлении и (или) создании новых связей между структурными единицами, в перекодировке структурных единиц, а также в проверке полученной диаграммы на предмет наличия ошибок и коллизий. При интеграции статических структур, важно понимать, что определение места слияния диаграмм, как это происходит в процессных диаграммах, не является значимым этапом, так как интеграция всегда начинается с верхнего уровня.

Рассмотрим более подробно интеграцию на первом уровне сложности. Интеграция инфологических структур на каждом типе ИСЕ (модуль, сущность, атрибут) соответствующих уровням 3 и 5 осуществляется аналогично способам интеграции, применяемым на различных типах ИСЕ 1, 3 уровней инфологических структур. Однако при интеграции диаграмм, описывающих инфологические структуры, на уровне типа «Информационный атрибут – 5» следует учитывать, что восстановление связей возможно только с уровнем выше, так как данный уровень является последним в инфологической структуре.

Интеграция на первом уровне возможна в случае если $t_{i\psi}^{SC_0} \equiv t_{i\omega}^{SC(m)}$, в противном случае интеграция диаграмм, описывающих инфологические структуры, невозможна. При данной интеграции необходимо восстановить связи между именованными структурными единицами (далее – ИСЕ) типами «Информационный модуль – 1» (далее – «ИМ-1») и «Информационная сущность – 1» (далее – «ИС-1») и более низкими.

После успешной интеграции на уровне типа «ИМ - 1» процесс переходит на следующий уровень – на тип «ИС - 1». Если $T_1^{SC_0} = \{t_{i1}^{SC_0}, \dots, t_{il}^{SC_0}\}$, $T_1^{SC(m)} = \{t_{i1}^{SC(m)}, \dots, t_{ir}^{SC(m)}\}$, то $T_1^{SC_0^*} = T_1^{SC_0} \cup T_1^{SC(m)}$, то есть $t_{i1}^{SC_0} \equiv t_{i1}^{SC_0^*}, \dots, t_{il}^{SC_0} \equiv t_{il}^{SC_0^*}, t_{ir}^{SC(m)} \equiv t_{i(l+1)}^{SC_0^*}, \dots, t_{il}^{SC(m)} \equiv t_{i(l+1)}^{SC_0^*}$. При слиянии на данном уровне если ИСЕ типа «ИС - 1» семантически одинаковы $t_{i1}^{SC_0} \equiv t_{ij}^{SC(m)}$, то в итоговую диаграмму попадет сущность, принадлежащая исходной диаграмме, - $t_{i1}^{SC_0} \rightarrow t_{i1}^{SC_0^*}$, в противном случае в итоговую диаграмму попадают обе ИСЕ: $t_{i1}^{SC_0^*}, t_{ij}^{SC_0^*}$. Интеграция диаграмм (фрагменты диаграмм), описывающих инфологические структуры, на уровне типа «ИС - 1» приведена на рисунке 2.19.

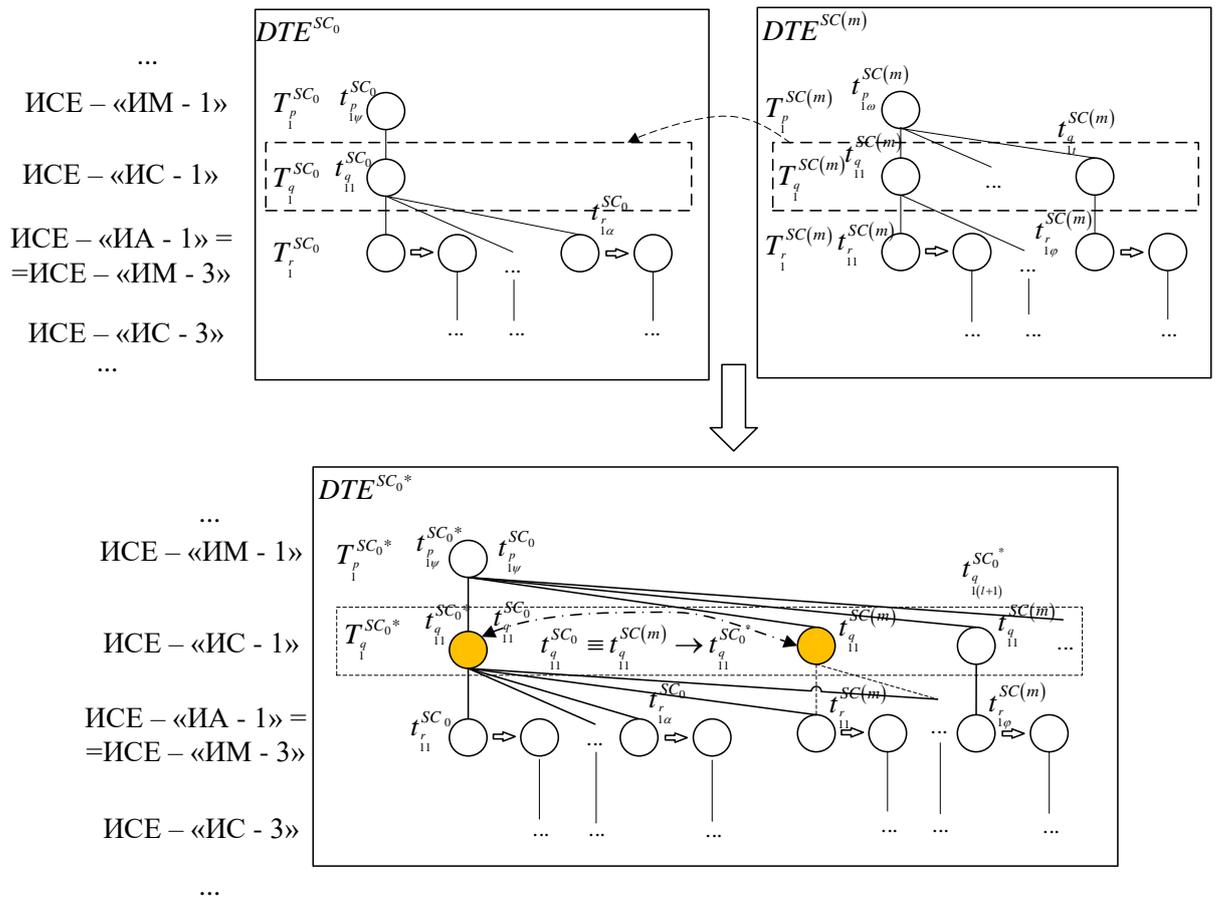


Рисунок 2.19 – Интеграция диаграмм, описывающих инфологические структуры на уровне типа «ИС - 1»

После успешной интеграции на уровне типа «ИС - 1» процесс переходит на следующий уровень – на тип «Информационный атрибут - 1» (далее – «ИА

– 1»). Если $T_1^{SC_0} = \{t_{11}^{SC_0}, \dots, t_{1\alpha}^{SC_0}\}$, $T_1^{SC(m)} = \{t_{11}^{SC(m)}, \dots, t_{1\varphi}^{SC(m)}\}$, то

$T_1^{SC_0*} = T_1^{SC_0} \cup T_1^{SC(m)}$, то есть $t_{11}^{SC_0} \equiv t_{11}^{SC_0*}$, ..., $t_{1\alpha}^{SC_0} \equiv t_{1\alpha}^{SC_0*}$, $t_{11}^{SC(m)} \equiv t_{1(\alpha+1)}^{SC_0*}$, ...,

$t_{1\varphi}^{SC(m)} \equiv t_{1(\alpha+\varphi)}^{SC_0*}$. При слиянии на данном уровне если ИСЕ типа «ИА - 1»

семантически одинаковы $t_{1i}^{SC_0} \equiv t_{1j}^{SC(m)}$ и $\exists t_{1l}^{SC_0*} : LT_1^{SC_0*} T_1^{SC_0} =$

$= \left\{ \left(t_{1l}^{SC_0*}, t_{1i}^{SC_0} \right) \mid t_{1l}^{SC_0*} \in T_1^{SC_0*}, t_{1i}^{SC_0} \in T_1^{SC_0} \right\}$, $LT_1^{SC_0*} T_1^{SC(m)} = \left\{ \left(t_{1l}^{SC_0*}, t_{1j}^{SC(m)} \right) \mid$

$\mid t_{1l}^{SC_0*} \in T_1^{SC_0*}, t_{1j}^{SC(m)} \in T_1^{SC(m)} \right\}$, то в итоговую диаграмму попадет атрибут,

принадлежащий исходной диаграмме, - $t_{1i}^{SC_0} \rightarrow t_{1i}^{SC_0*}$, в противном случае в

итоговую диаграмму попадают оба атрибута: $t_{1j}^{SC(m)}$.

Так как $T_1^{SC_0}$, $T_1^{SC(m)}$ и $T_3^{SC_0}$, $T_3^{SC(m)}$ находятся на смежных уровнях инфологических структур, то изменения также произойдут и на уровне типа

«Информационный модуль - 3» (далее – «ИМ - 3»): если $T_3^{SC_0} = \{t_{31}^{SC_0}, \dots, t_{3\alpha}^{SC_0}\}$,

$T_3^{SC(m)} = \{t_{31}^{SC(m)}, \dots, t_{3\varphi}^{SC(m)}\}$, то $T_3^{SC_0*} = T_3^{SC_0} \cup T_3^{SC(m)}$, то есть $t_{31}^{SC_0} \equiv t_{31}^{SC_0*}$, ..., $t_{3\alpha}^{SC_0} \equiv t_{3\alpha}^{SC_0*}$

, $t_{31}^{SC(m)} \equiv t_{3(\alpha+1)}^{SC_0*}$, ..., $t_{3\varphi}^{SC(m)} \equiv t_{3(\alpha+\varphi)}^{SC_0*}$.

При слиянии на данном уровне если ИСЕ типа «ИМ - 3» семантически одинаковы $t_{3i}^{SC_0} \equiv t_{3j}^{SC(m)}$ и $\exists t_{1l}^{SC_0*} : LT_1^{SC_0*} T_3^{SC_0} = \left\{ \left(t_{1l}^{SC_0*}, t_{3i}^{SC_0} \right) \mid t_{1l}^{SC_0*} \in T_1^{SC_0*}, t_{3i}^{SC_0} \in T_3^{SC_0} \right\}$,

$LT_1^{SC_0*} T_3^{SC(m)} = \left\{ \left(t_{1l}^{SC_0*}, t_{3j}^{SC(m)} \right) \mid t_{1l}^{SC_0*} \in T_1^{SC_0*}, t_{3j}^{SC(m)} \in T_3^{SC(m)} \right\}$, то в итоговую

диаграмму попадет модуль, принадлежащий исходной диаграмме, -

$t_{3i}^{SC_0} \rightarrow t_{3i}^{SC_0*}$, в противном случае в итоговую диаграмму попадают оба модуля:

$t_{3i}^{SC_0}, t_{3j}^{SC(m)}$ [88, 103].

2.7 Выводы по второй главе

1. С учётом теоретического аппарата методологии автоматизации интеллектуального труда и введенного унифицированного формального описания модельных представлений были выявлены связи между характеристиками локальных и обобщенных моделей, формируемых на разных этапах разработки автоматизированных систем, а также разного вида их описаний – графических (диаграмм) и табличных (спецификаций), что позволило разработать методы интеграции моделей для проектируемых автоматизированных систем, содержащие правила и ограничения интеграции описаний.

2. Было разработано унифицированное формальное описание элементов и связей моделей АС (начальной, концептуальной, инфологической) и форм их представления (диаграммы и спецификации).

3. Был разработан и формально описан метод интеграции описаний, представленных в виде спецификаций, для составляющих обобщённой и локальной моделей, а именно:

– для НМ:

- функциональные составляющие для спецификаций А1, А2;
- информационные составляющие для спецификаций В1, В2, В3;

– для КМ:

- динамические составляющие для спецификаций F3, F4;
- статические составляющие для спецификаций F1, F2;

– для ИЛМ:

- функциональные составляющие для спецификаций P5, P6;
- динамические составляющие для спецификаций P3, P4;
- статические составляющие для спецификаций P1, P2.

4. Был разработан и формально описан метод интеграции описаний, представленных в виде диаграмм, для составляющих обобщённой и локальной однородных моделей, а именно:

– для НМ:

- функциональные составляющие для диаграмм, описывающих СПД;

– для КМ:

• динамические составляющие для диаграмм, описывающих СПЗ 1-го рода;

• статические составляющие для диаграмм, описывающих концептуальные структуры;

– для ИЛМ:

• функциональные составляющие для диаграмм, описывающих СПМ 1-го рода;

• динамические составляющие для диаграмм, описывающих СПД 1-го рода;

• статические составляющие для диаграмм, описывающих инфологические структуры;

Предложенные методы позволяют перейти к разработке методик интеграции описаний моделей для проектируемых АС.

ГЛАВА 3. РАЗРАБОТКА МЕТОДИК ИНТЕГРАЦИИ ОПИСАНИЙ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ПРОЕКТИРУЕМЫХ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ

3.1 Методики формирования моделей МАИТ

При создании НМ разработчик АС определяет и фиксирует традиционный процесс решения ПЗ, подлежащей автоматизации, так как его выполняет специалист. Необходимо отметить, что он должен создать такое описание, которое, с одной стороны, отразит полную и достоверную информацию о процессе решения задачи, с другой стороны, информация о задаче должна быть структурирована и представлена таким образом, чтобы ее мог понять программист. Поэтому разработчик выполняет декомпозицию комплекса задач на задачи и действия, классифицирует и систематизирует информацию, полученную от предметного специалиста и при исследовании документальных источников, формирует описание увязки информации с действиями для целостного представления процесса выполнения задачи с учетом необходимой информации для каждого выполняемого действия. Результаты этапа оформляются в виде диаграмм и спецификаций [15, 16, 22].

Для НМ процесс выполнения задачи показывает функциональная составляющая – диаграмма, описывающая СПД, которая отражает декомпозицию для решения класса предметных задач. Диаграммы описываются в спецификациях. Поэтому при интеграции описаний функциональных составляющих необходимо выполнить слияние диаграмм (графических представлений) и спецификаций (табличных представлений).

Для описания диаграммы СПД используются три базовые конструкции: итерация, последовательность и альтернатива и две типовые конструкции – переключатель и цикл [22-24, 104].

Сложная алгоритмическая конструкция последовательность (1), приведенная на рисунке 3.1, состоит из совокупности простых предметных действий (2, 3, ..., k) [22-24].

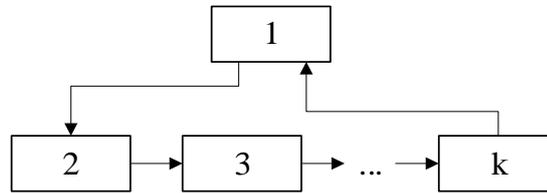


Рисунок 3.1 – Базовая конструкция последовательность

Сложная алгоритмическая конструкция альтернатива (1), приведенная на рисунке 3.2, состоит из простых предметных действий (2, ..., k), показывающих варианты возможного решения подзадачи – альтернативы [22-24].

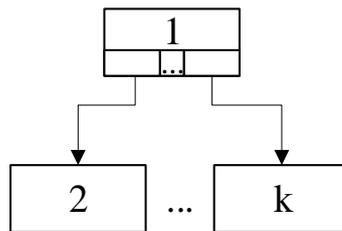


Рисунок 3.2 – Базовая конструкция альтернатива

Сложная алгоритмическая конструкция итерация или сложное предметное действие состоит из совокупности простых одинаковых предметных действий и представлена на рисунке 3.3 [22-24].

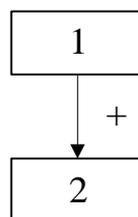


Рисунок 3.3 – Базовая конструкция итерация

Сложная алгоритмическая конструкция переключатель в соответствии с приведенным рисунком 3.4 является комбинацией двух базовых конструкций: альтернатива и последовательность. Сложное действие (1) состоит из

совокупности сложных действий (2, ... k) или альтернатив. Каждая из альтернатив раскрывается в виде последовательности простых действий [22-24].

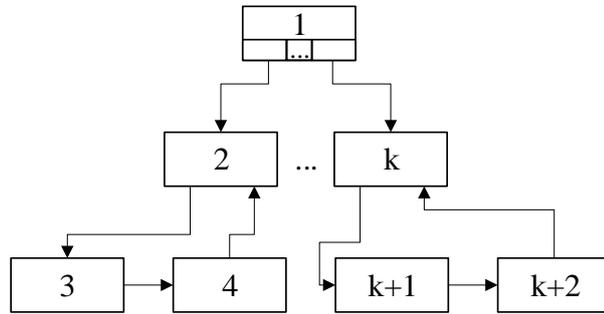


Рисунок 3.4 – Типовая конструкция переключатель

Сложная алгоритмическая конструкция цикл в соответствии с приведенным рисунком 3.5 является комбинацией трех базовых конструкций итерация, последовательность и альтернатива. Сложное действие (1) состоит из сложного действия типа последовательность, то есть итерация раскрывается в виде последовательности (3, 4, 5), последнее действие представляет собой альтернативу для проверки условий окончания (9) или продолжения цикла (6) [22-24].

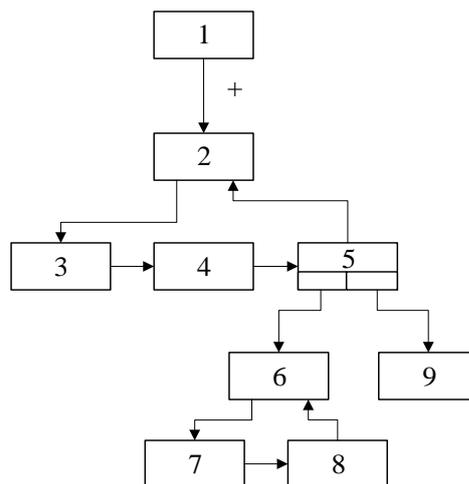


Рисунок 3.5 – Типовая конструкция «цикл»

Для описания диаграммы СПД в табличном виде используется две спецификации: для отражения связей между предметными действиями (структуры) – форма А1, где фиксируется для каждого сложного действия

упорядоченность простых, учитывая базовые и типовые конструкций; для отражения состава системы предметных действий – форма А2, где фиксируется описание всех предметных действий, а именно для каждого действия, кроме кода и его наименования, указываются также степень формализации и статус [22]. Структура форм А1 и А2 приведены на рисунках 3.6 и 3.7 соответственно.

Форма А1: Описание структуры предметных действий задачи.

Код сложного действия	Код начального действия	Код конечного действия	Вид компоновки	Примечание
1	2	3	4	5

Рисунок 3.6 – Структура Формы А1

Форма А2: Описание предметных действий задачи.

Код действия	Наименование действия	Степень формализации	Статус действия	Структурное свойство действия	Примечание
1	2	3	4	5	6

Рисунок 3.7 – Структура Формы А2

Информационная составляющая начальной модели описывается в трех спецификациях: В1 - фиксируются результаты классификации информации для выделенных предметных задач, при этом указывается обозначение или код задачи, тип информации, вид информации и содержание информации; В2 - фиксируется закодированный набор параметров с указанием полного кода параметра и полного его наименования; В3 - фиксируется группировка параметров по объектам, при этом указывается принадлежность каждого параметра к определенному объекту [22]. Структура форм В1, В2, В3 приведены на рисунках 3.8 – 3.10 соответственно.

Форма В1: Классификация информации для задачи.

Тип информации	Вид информации	Содержание информации	Примечание
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>
Постоянная			
Проектное условно-постоянная			
Проектное промежуточное проектное решение			
Проектное законченное проектное решение			

Рисунок 3.8 – Структура Формы В1

Форма В2: Описание параметров предметной задачи.

Код параметра	Наименование параметров	Примечание
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>

Рисунок 3.9 – Структура Формы В2

Формы В3: Группировка параметров предметной задачи.

Код параметра	Обозначение объекта			
	Наименование объекта 1	Наименование объекта 2	Наименование объекта
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	...

Рисунок 3.10 – Структура Формы В3

Семантическое представление (концептуальное модельное представление) отражает систему знаний (понятий) предметной области для моделируемой предметной задачи [15, 16, 23].

Для КМ процесс выполнения задачи показывает динамическая составляющая – СПЗ 1-го рода. Она отражает декомпозицию для решения класса предметных задач [23].

Для описания диаграммы СПЗ 1-го рода так же, как и для диаграммы СПД, используются три базовые конструкции: итерация, последовательность и альтернатива и две типовые конструкции: переключатель и цикл [15, 16, 23].

Концептуальная структура на предметных категориях, приведенная на рисунке 3.11, с точки зрения графической интерпретации, это сложная иерархическая конструкция, в которой каждый слой иерархии отражает класс категорий и представляет конструкцию на множестве предметных категорий [23].

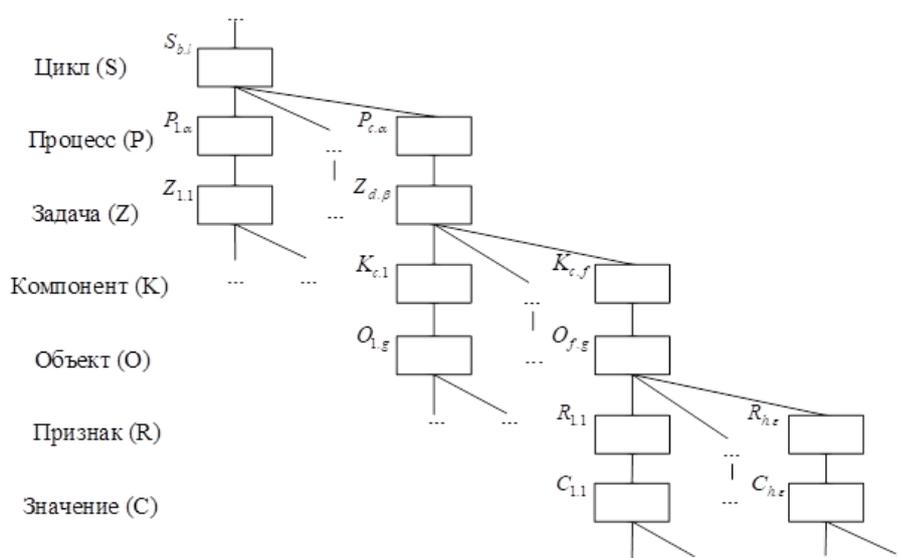


Рисунок 3.11 – Диаграмма, описывающая концептуальную структуру

Для описания диаграммы СПЗ 1-го рода (динамической составляющей) используется две спецификации: для отражения связей между предметными зависимостями (структуры) – форма F4, где указываются характеристики предметных зависимостей – код, наименование, степень формализации, статус, структурное свойство; для отражения состава системы предметных зависимостей – форма F3, где указываются характеристики бинарных связей – коды предметных зависимостей, участвующих в связи, вид и оценка связи, формируемый код бинарной связи [23]. Структура форм F4 и F3 приведены на рисунках 3.12 и 3.13 соответственно.

Форма F4: Описание системы предметных зависимостей.

Код ПЗ 1	Код ПЗ 2	Код ПЗ 3	Оценка связи	Вид связи	Код бинарной связи
1	2	3	4	5	6

Рисунок 3.12 – Структура Формы F4

Форма F3: Описание предметных зависимостей.

Код ПЗ	Наименование ПЗ	Степень формализации	Статус ПЗ	Структурное свойство ПЗ	Примечание
1	2	3	4	5	6

Рисунок 3.13 – Структура Формы F3

Статическая составляющая концептуальной модели описывается в следующих спецификациях: F1 – содержит описание ПК, в том числе код ПК, класс, наименование ПК, а также класс, тип, статус ПК категории, оценку, отражающую потенциальную мощность множества экземпляров данной ПК для данной предметной задачи; F2 – содержит описание бинарных связей предметных категорий, где фиксируется на основе идентификационных признаков объектов и специальных признаков связи класс связи ПК, код связи ПК, наименование связи ПК, вид и оценка связи ПК [23]. Структура форм F1 и F2 приведены на рисунках 3.14 и 3.15 соответственно.

Форма F1: Описание предметных категорий.

Код ПК	Наименование ПК	Класс ПК	Тип ПК	Статус ПК	Оценка	Примечание
1	2	3	4	5	6	7

Рисунок 3.14 – Структура Формы F1

Форма F2: Описание бинарных связей предметных категорий.

Класс связи ПК	Код ПК 1	Код ПК 2	Код ПК 3	Наименование связи ПК	Вид связи	Оценка связи	Код связи
1	2	3	4	5	6	7	8

Рисунок 3.15 – Структура Формы F2

Синтаксическое представления (инфологическое модельное представление) отражает проект АС, предназначенной для решения класса ПЗ [15, 16, 24].

Для ИЛМ функциональная составляющая отражает существование функциональных зависимостей в виде манипуляций на множестве структурных единиц, а динамическая составляющая – ограничения на

статические структуры в виде информационных доступов, фиксирующих определенные взаимосвязи между структурными единицами. Система предметных манипуляций первого рода - это множество взаимосвязанных функциональных процедур обработки данных, хранящихся в статической структуре. А система предметных доступов первого рода обеспечивает выполнение информационных действий по записи и считыванию данных, необходимых для реализации функциональных процедур на сформированной статической структуре [24].

Диаграммы, описывающие СПМ 1-го рода и СПД 1-го рода, формируются в виде диаграмм, для описания которых используются базовые конструкции: итерация, последовательность, альтернатива и типовые конструкции – переключатель и цикл [24].

Инфологическая структура, приведенная на рисунке 3.16, является статической структурой предметной задачи, которая организована как многослойная конструкция, где каждый ее слой раскрывается набором именованных информационных модулей, сущностей и атрибутов (будущих баз данных, отношений и их атрибутов) [24].

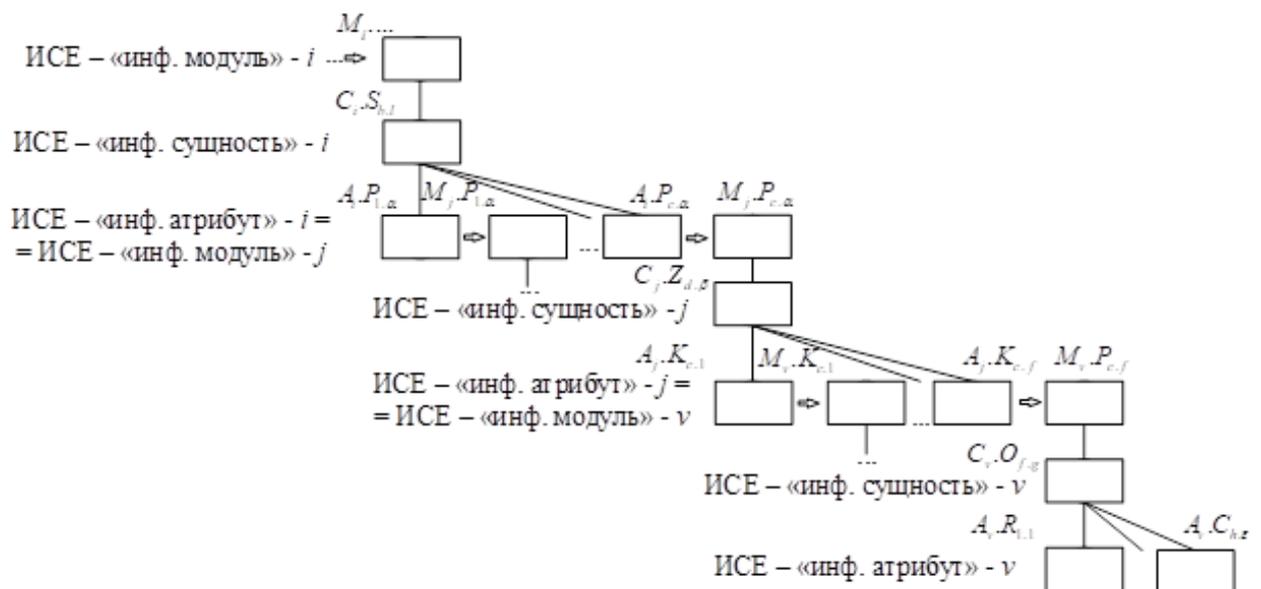


Рисунок 3.16 – Диаграмма, описывающая инфологическую структуру

Для описания диаграммы СПМ 1-го рода (функциональная составляющая) используется две спецификации: для отражения состава системы предметных манипуляций (далее – ПМ) – форма Р5, где указываются их характеристики – код, наименование, тип, степень формализации, статус, структурное свойство; для отражения связей между ПМ (структуры) – форма Р6, где указываются характеристики бинарных связей – коды ПМ, участвующих в связи, тип и оценка связи, формируемый код бинарной связи, состоящий из конкатенации кодов ПМ [24]. Структура форм Р5 и Р6 приведены на рисунках 3.17 и 3.18 соответственно.

Форма Р5: Описание предметных манипуляций

Код ПМ	Тип ПМ	Наименование ПМ	Степень формализации	Статус	Структурное свойство
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>

Рисунок 3.17 – Структура Формы Р5

Форма Р6: Описание структуры предметных манипуляций

Код ПМ 1	Код ПМ 2	Код ПМ 3	Оценка связи	Тип связи	Код связи
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>

Рисунок 3.18 – Структура Формы Р6

Для описания диаграммы СПД 1-го рода (динамическая составляющая) используется две спецификации: для отражения состава предметных доступов – форма Р3, где фиксируется код предметного доступа (далее – ПД), который формируется на основе кода предметной зависимости путем добавления признака ПД «.2», тип ПД, который устанавливается по инфологической структуре; для отражения связей между предметными доступами – форма Р4, где фиксируются коды ПД, ПД2, ПД3, оценка связи ПД, тип связи и код ПД [24]. Структура форм Р3 и Р4 приведены на рисунках 3.19 и 3.20 соответственно.

Форма Р3: Описание предметных доступов.

Код ПД	Тип ПД	Статус
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>

Рисунок 3.19 – Структура Формы Р3

Форма Р4: Описание структуры предметных доступов.

Код ПД 1	Код ПД 2	Код ПД 3	Оценка связи	Тип связи	Код связи
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>

Рисунок 3.20 – Структура Формы Р4

Статическая составляющая ИЛМ описывается в следующих спецификациях: Р1, которая описывает ИСЕ, где фиксируются: код ИСЕ, тип ИСЕ, уровень ИСЕ и наименования, а также статус ИСЕ; Р2 – содержит описание бинарных связей ИСЕ, которое фиксируется на основе идентификационных признаков ИСЕ и специальных признаков связи [24]. Структура форм Р1 и Р2 приведены на рисунках 3.21 и 3.22 соответственно.

Форма Р1: Описание именованных структурных единиц.

Код ИСЕ	Уровень ИСЕ	Тип ИСЕ	Наименование ИСЕ	Статус ИСЕ
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>

Рисунок 3.21 – Структура Формы Р1

Форма Р2: Описание бинарных связей именованных структурных единиц.

Класс связи ИСЕ	Код исходной ИСЕ	Код ИСЕ	Наименование связи	Тип связи	Оценка связи	Код связи
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>

Рисунок 3.22 – Структура Формы Р2

Следует отметить, что присутствует единообразие форм описаний моделей, которая показана на рисунке 3.23.

Динамическая составляющая

Функциональная составляющая

Информационная или статическая составляющие

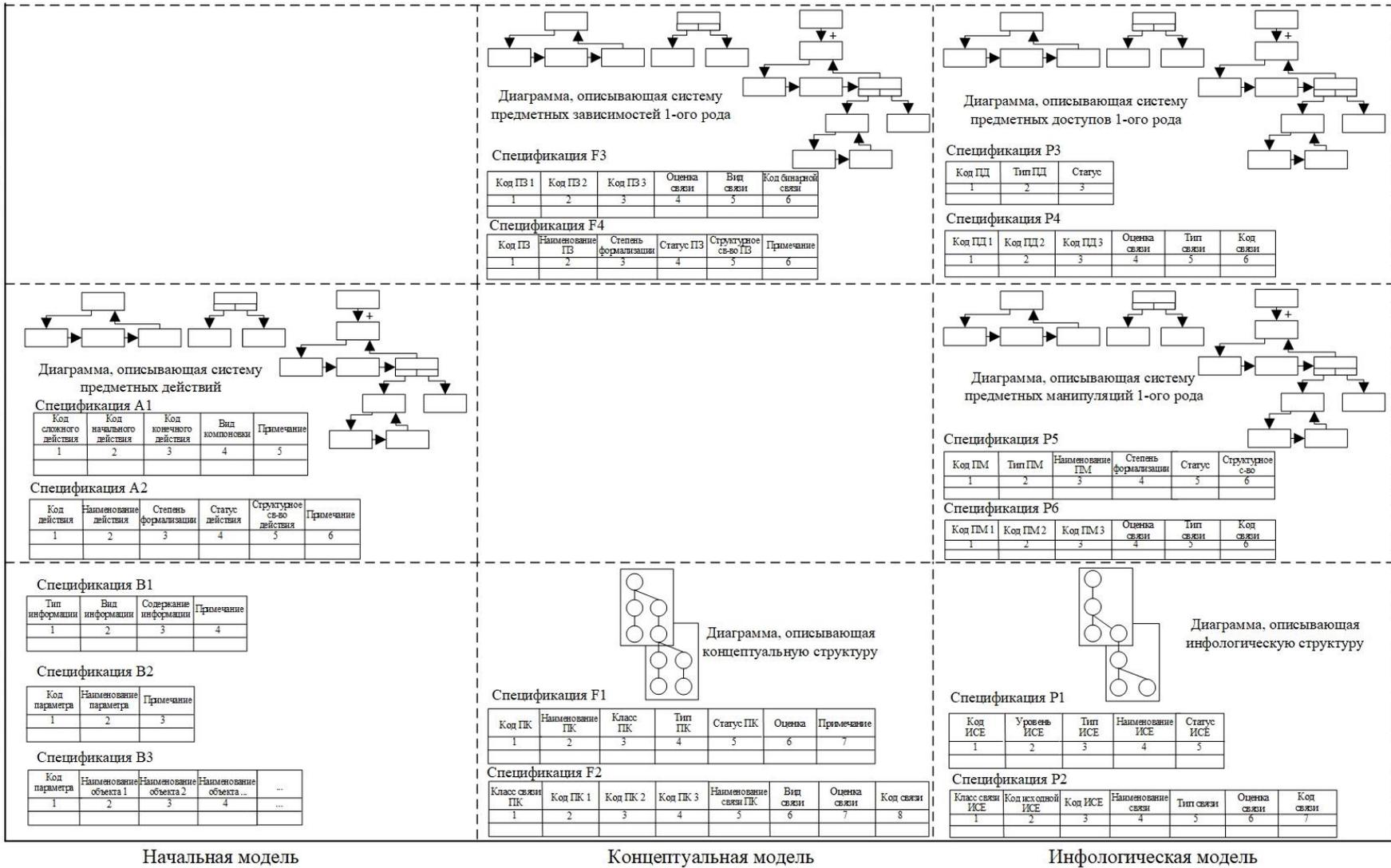


Рисунок 3.23 – Формы описаний моделей

3.2 Основные положения методики интеграции описаний моделей МАИТ

Модели формируются как на комплекс задач в целом, так и на каждую задачу в отдельности. Для получения единого описания моделируемой системы необходимо выполнить интеграцию моделей в единое пространство – модель комплекса [85].

При интеграции описаний моделей необходимо учитывать следующие требования:

- наличие моделей на ПЗ и на КПЗ;
- наличие описаний (табличных и графических) моделей на ПЗ и на КПЗ;
- наличие алгоритма и правил интеграции;
- наличие квалифицированного персонала, владеющего методикой интеграции [85, 87-89, 91, 103, 104].

Алгоритм интеграции описаний моделей ПЗ в модель КПЗ представлен на рисунках 3.24 – 3.36.

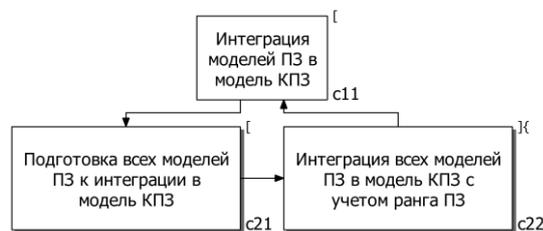


Рисунок 3.24 – Алгоритм интеграции моделей ПЗ в модель КПЗ



Рисунок 3.25 – Подготовка всех моделей ПЗ к интеграции в модель КПЗ

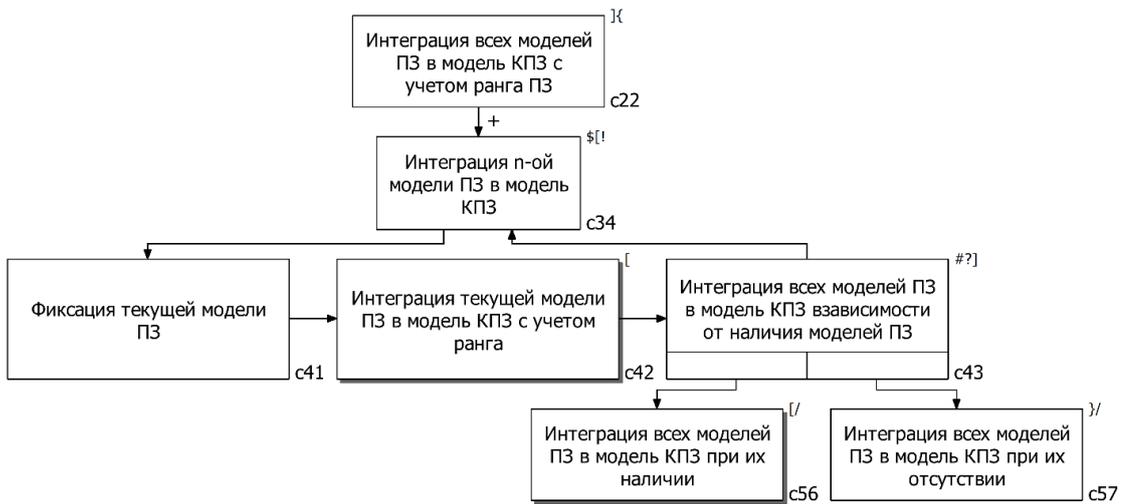


Рисунок 3.26 – Интеграция всех моделей ПЗ в модель КПЗ с учетом ранга ПЗ



Рисунок 3.27 – Интеграция текущей модели ПЗ в модель КПЗ с учетом ранга



Рисунок 3.28 – подготовка моделей к интеграции

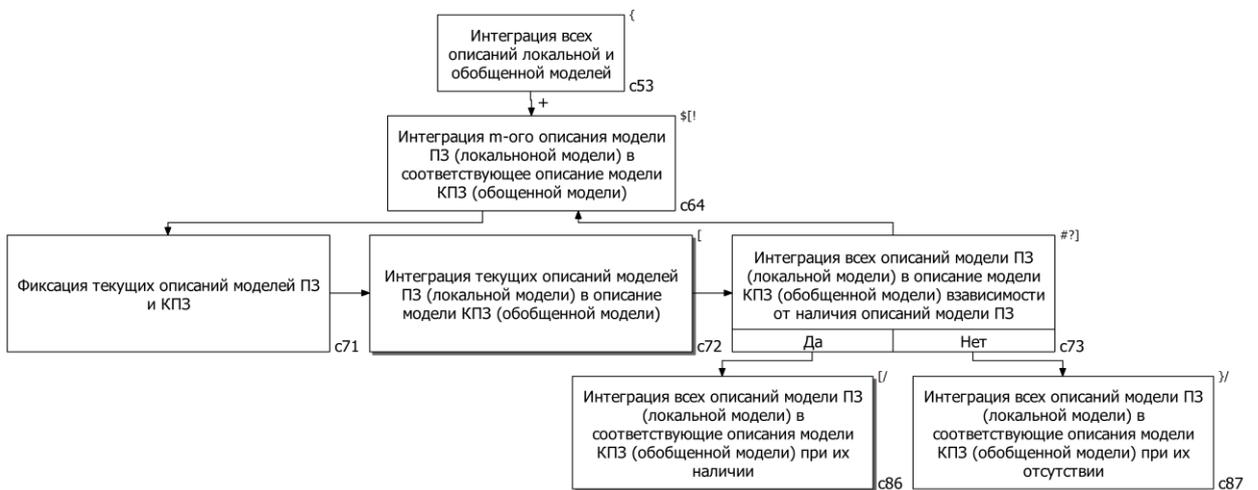


Рисунок 3.29 – Интеграция всех описаний локальной и обобщённой моделей

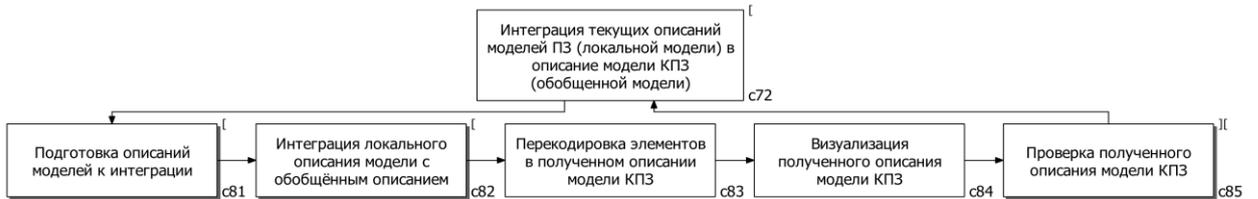


Рисунок 3.30 – Интеграция текущих описаний моделей ПЗ (локальной модели) в описание модели КПЗ (обобщённая модели)



Рисунок 3.31 – Подготовка описаний моделей к интеграции

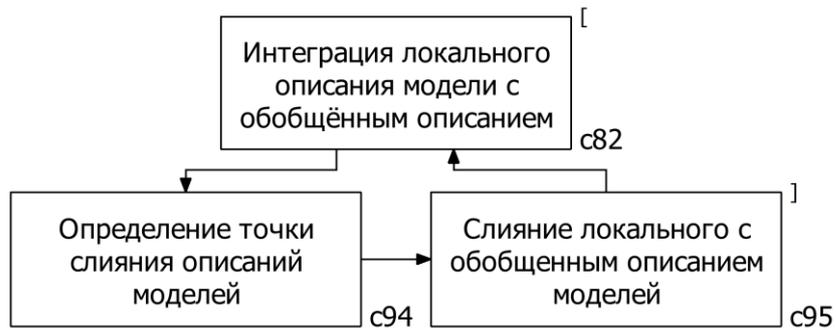


Рисунок 3.32 – Интеграция локального описания модели с обобщённым описанием



Рисунок 3.33 – Проверка полученного описания модели КПЗ



Рисунок 3.34 – Интеграция всех описаний модели ПЗ (локальной модели) в соответствующие описания модели КПЗ (обобщенной модели) при их наличии

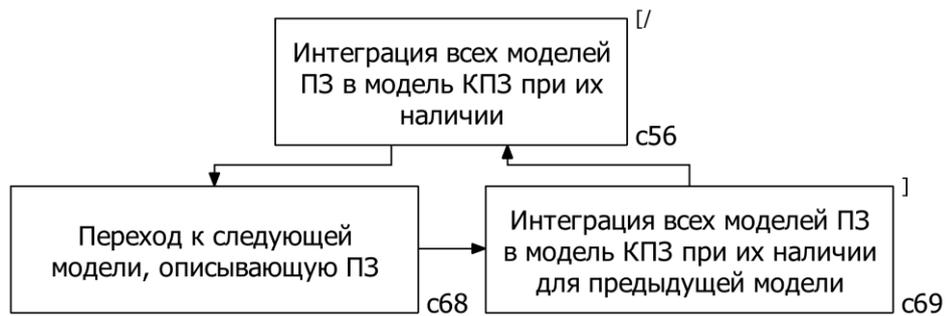


Рисунок 3.35 – Интеграция всех моделей ПЗ в модель КПЗ при их наличии

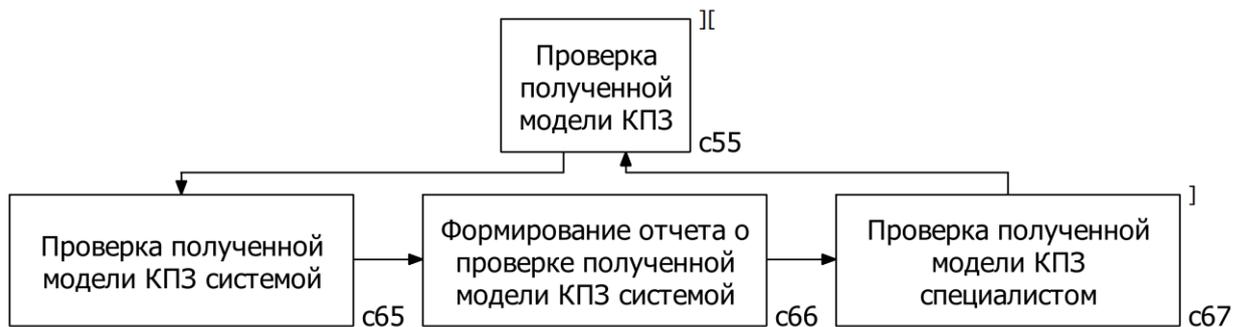


Рисунок 3.36 – Проверка полученной модели КПЗ

С учетом особенностей построения моделей в соответствии с МАИТ диаграмма вариантов использования, описывающая интеграцию описаний моделей (начальных, концептуальных, инфологических) для проектируемых АС в обобщенном виде может быть представлена в соответствии с рисунком 3.37.



Рисунок 3.37 – Диаграмма вариантов использования, описывающая интеграцию описаний моделей (начальных, концептуальных, инфологических) для проектируемых АС в обобщенном виде

3.3 Методика интеграции табличных описаний, представленных в виде спецификаций

При интеграции табличных описаний (спецификаций) моделей необходимо учитывать следующие требования:

- наличие табличных описаний (спецификаций) моделей предметной задачи и комплекса задач;
- наличие моделей на задачи и на комплекс задач, обеспечивающих представление составляющих комплекса и задачи

- наличие алгоритма и правил работы с интегрируемыми табличными описаниями моделей;

- наличие квалифицированного персонала, владеющего методикой интеграции [87-89, 91].

При интеграции спецификаций следует отметить пять основных этапов:

- подготовка табличных описаний моделей к интеграции;

- интеграция локального табличного описания модели с обобщённым табличным описанием;

- перекодировка элементов в полученном табличном описании модели КПЗ;

- визуализация полученного описания модели КПЗ;

- проверка полученного описания модели КПЗ [87 - 97].

Следует отметить, что для процессных составляющих (функциональных и динамических), при интеграции локального табличного описания модели с обобщённым табличным описанием необходимо учитывать порядок выполнения, поэтому в зависимости от того, в каком месте находится точка слияния интеграции спецификаций выбирается способ, который будет применяться для слияния спецификаций и перекодировки информации. А вот для статических (информационных) составляющих - местоположение точки слияния не имеет решающего значения для выполнения алгоритма.

Рассмотрим методики интеграции спецификаций, формируемых при построение различных моделей подробнее.

Для интеграции спецификаций функциональных составляющих начальных моделей необходимо воспользоваться данными из всех столбцов. При этом для интеграции определяют пары одинаковых спецификаций (обобщенная и локальная) [87 - 97].

Результатом работы алгоритма интеграции спецификаций является результирующая спецификация, включающая информацию обобщенной и локальной спецификаций.

Алгоритм интеграции спецификаций А1 приведен на рисунках 3.38 – 3.43.

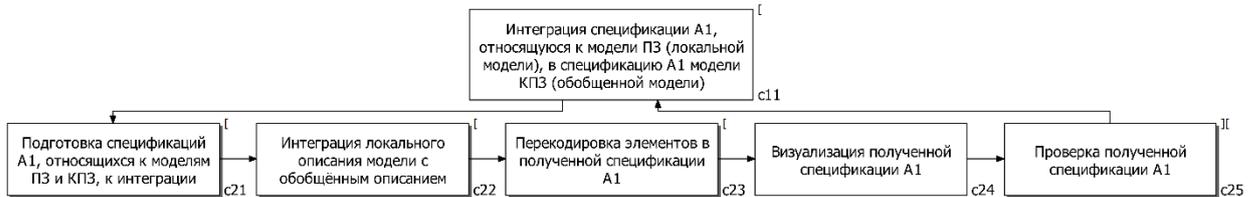


Рисунок 3.38 – Алгоритм интеграции спецификации А1

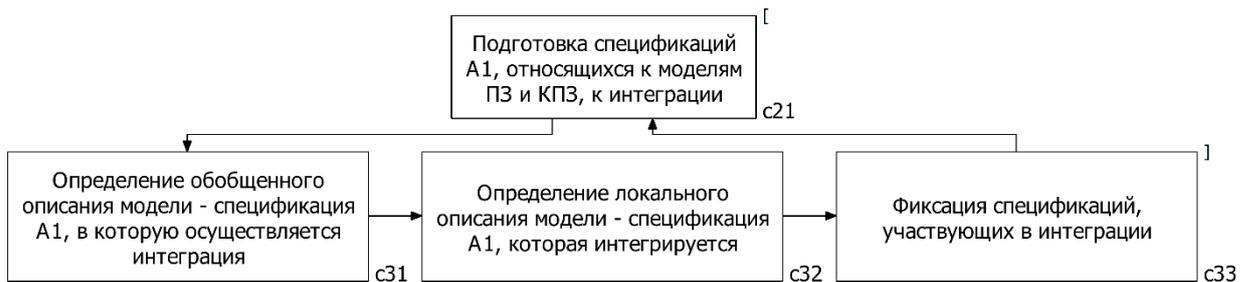


Рисунок 3.39 – Подготовка спецификаций А1, относящихся к моделям ПЗ и КПЗ, к интеграции в рамках алгоритма интеграции спецификаций А1

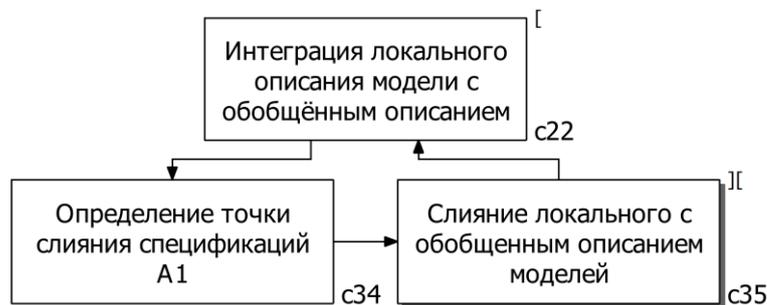


Рисунок 3.40 – Интеграция локального описания модели с обобщенным описанием в рамках алгоритма интеграции спецификаций А1



Рисунок 3.41 – Слияние локального с обобщенным описанием моделей

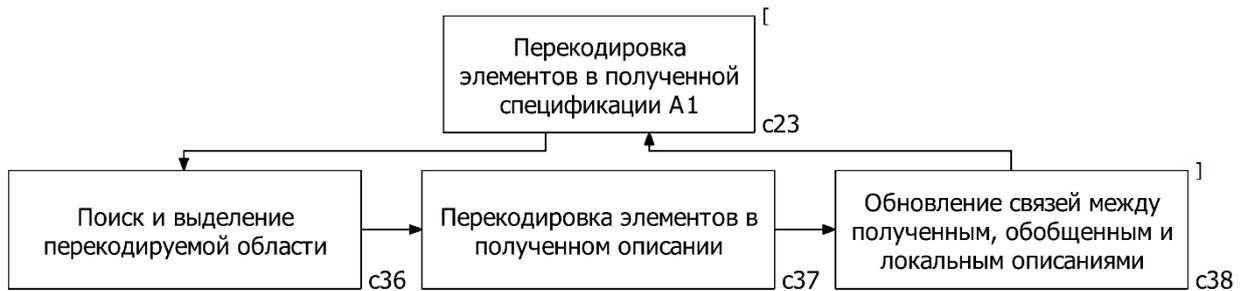


Рисунок 3.42 – Перекодировка элементов в полученной спецификации А1 в рамках алгоритма интеграции спецификаций А1



Рисунок 3.43 – Проверка полученной спецификации А1 в рамках алгоритма интеграции спецификаций А1

Как было уже ранее сказано, для табличных описаний функциональных составляющих важен порядок действий, поэтому в зависимости от того, в каком месте находится точка интеграции спецификаций определяется способ, который будет применен для слияния спецификаций и перекодировки.

Всего есть два варианта местонахождения точки интеграции спецификаций:

– до конца спецификации (от первого и до последнего сложного элемента обобщённой спецификации);

– в конце спецификации (после последнего сложного элемента обобщённой спецификации) [92-95, 97].

После определения места слияния спецификаций необходимо рассчитать итоговые размеры таблицы, так как при интеграции мощность (количество строк) итоговой спецификации увеличится и станет равной сумме строк двух спецификаций, при этом атрибуты не будут изменены.

Сам процесс интеграции описаний функциональных составляющих в виде спецификаций заключается в переносе информации из одной таблицы в другую, в образовавшуюся точку слияния, получившуюся после определения места слияния.

После выполнения слияния исходная кодировка нарушается и возникает необходимость перехода к следующему шагу – перекодировке. В зависимости от того в какую область спецификации выполнялась интеграция, выбирается способ перекодировки. В спецификациях перекодировке подвергаются те строки, которые находятся ниже точки слияния. Следует отметить, что кодировка элементов локальной спецификации сохраняется в дополнительной графе обобщенной спецификации. Выполнять перекодировку результирующего описания модели можно после выполнения интеграции, либо во время процесса интеграции, выполняя поэлементно интеграцию и назначение нового кода перенесенному элементу.

После этапа перекодировки происходит построение и вывод полученной спецификации, включающие в себя обобщённую и локальную спецификации.

Завершающим этапом в интеграции спецификаций является проверка полученной спецификации. Первоначально выполняется проверка полученной спецификации системой, выявляющей недочёты при слиянии, перекодировке, а также семантические коллизии.

При проверке полученной спецификаций дополнительно используются:

- матричная диаграмма, сформированная ИС-2 на полный комплекс задач;
- программное обеспечение Microsoft Excel;
- программный модуль «ИС-2 Ласточка».

Для проверки матричную диаграмму необходимо перевести в табличный редактор Microsoft Excel, а уже после с помощью программного модуля «ИС-2 Ласточка» осуществить анализ. Данный программный модуль позволяет найти ошибки, возникшие при интеграции и выделить их для дальнейшей работы специалиста [106].

Далее на основании представленного системой отчета, специалист может исправить ошибки в полученном описании модели и семантические коллизии, возникшие в результате интеграции.

После проверки спецификации специалистом и его удовлетворенности полученным результатом, считается, что интеграция спецификаций завершена и является корректной.

Процесс интеграции спецификаций информационных составляющих начальных моделей заключается в переносе всей информации из интегрируемой спецификации в основную, однако могут возникнуть ситуации, когда параметры спецификаций совпадают (при этом кодировка параметров может различаться), что является частным случаем дублирования информации.

Важно отметить, что в случае если точка слияния описаний информационных (статических) составляющих не имеет решающего значения, то точка слияния описаний определяется в конце обобщенной спецификации, то есть после последнего сложного элемента обобщенной спецификации.

После переноса всей информации из интегрируемой спецификации, выполняется этап перекодировки параметров, при этом меняется только порядковый номер параметра, а его группа остается неизменной. Уже после выявляются семантически близкие параметры для обработки (удаления) их специалистом.

Алгоритмы интеграции спецификаций В1, В2, В3, описывающих информационную составляющую, представлены на рисунках 3.44 – 3.49, 3.50 – 3.55, 3.56 – 3.61 соответственно.

Следует отметить, что из-за особенностей спецификации В1 в алгоритме интеграции спецификаций В1 отсутствует блок «Перекодировка элементов в полученной спецификации В1», в отличие от спецификации В2 и В3.

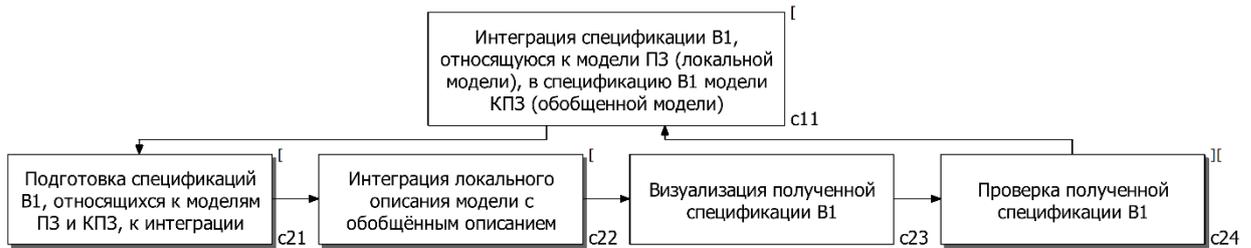


Рисунок 3.44 – Алгоритм интеграции спецификаций V1

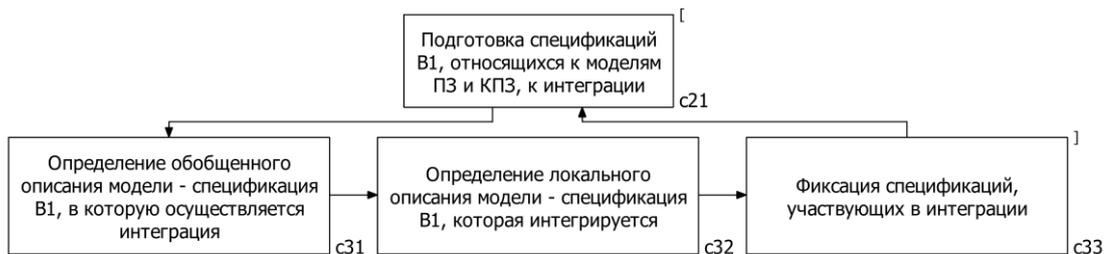


Рисунок 3.45 – Подготовка спецификаций V1, относящихся к моделям ПЗ и КПЗ, к интеграции в рамках алгоритма интеграции спецификаций V1



Рисунок 3.46 – Интеграция локального описания модели с обобщенным описанием в рамках алгоритма интеграции спецификаций V1



Рисунок 3.47 – Слияние локального с обобщенным описанием моделей в рамках алгоритма интеграции спецификаций V1



Рисунок 3.48 – Проверка полученной спецификации в рамках алгоритма интеграции спецификаций V1



Рисунок 3.49 – Проверка спецификаций системой в рамках алгоритма интеграции В1

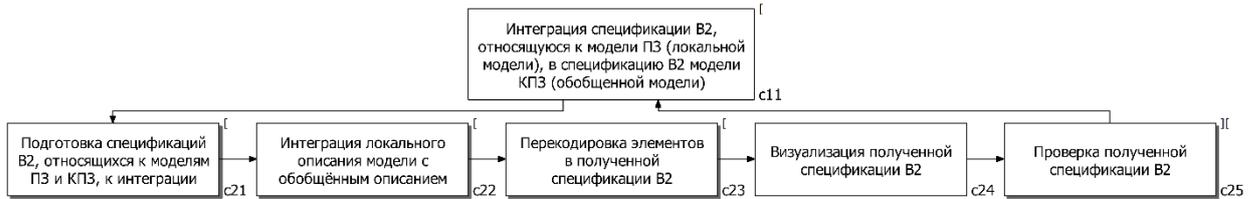


Рисунок 3.50 – Алгоритм интеграции спецификаций В2

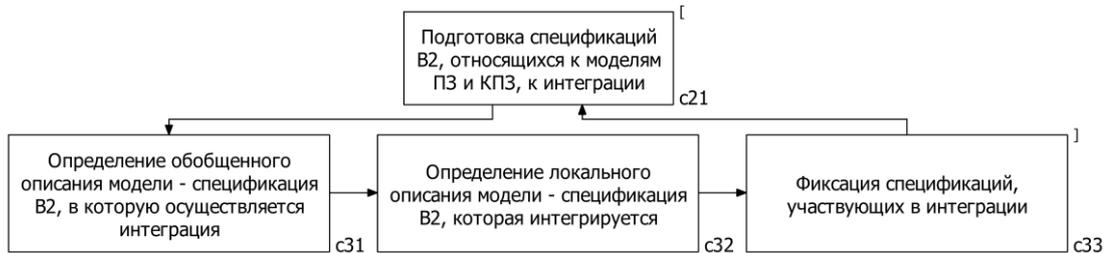


Рисунок 3.51 – Подготовка спецификаций В2, относящихся к моделям ПЗ и КПЗ, к интеграции в рамках алгоритма интеграции спецификаций В2

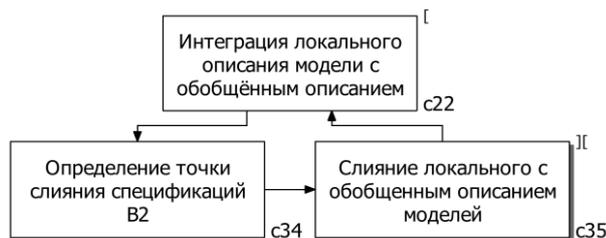


Рисунок 3.52 – Интеграция локального описания модели с обобщенным описанием в рамках алгоритма интеграции спецификаций В2



Рисунок 3.53 – Слияние локального с обобщенным описанием моделей в рамках алгоритма интеграции спецификаций В2

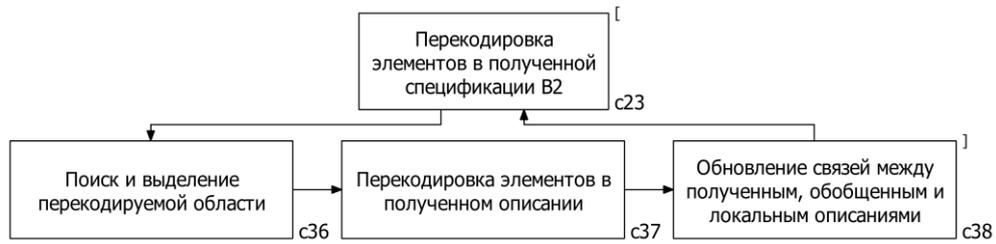


Рисунок 3.54 – Перекодировка элементов в полученной спецификации В2 в рамках алгоритма интеграции спецификаций В2



Рисунок 3.55 – Проверка полученной спецификации В2 в рамках алгоритма интеграции спецификаций В2

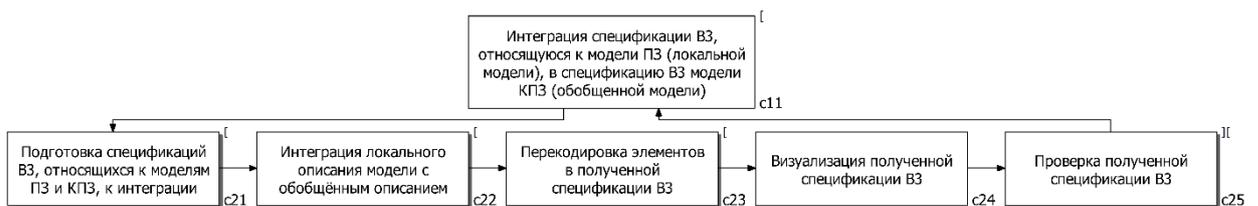


Рисунок 3.56 – Алгоритм интеграции спецификаций В3

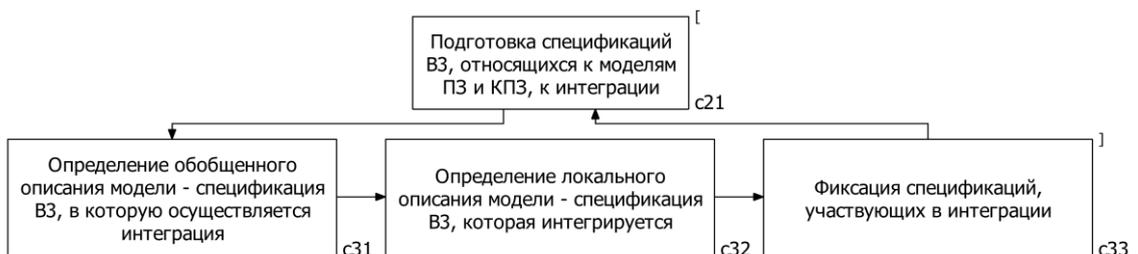


Рисунок 3.57 – Подготовка спецификаций В3, относящихся к моделям ПЗ и КПЗ, к интеграции в рамках алгоритма интеграции спецификаций В3



Рисунок 3.58 – Интеграция локального описания модели с обобщенным описанием в рамках алгоритма интеграции спецификаций В3

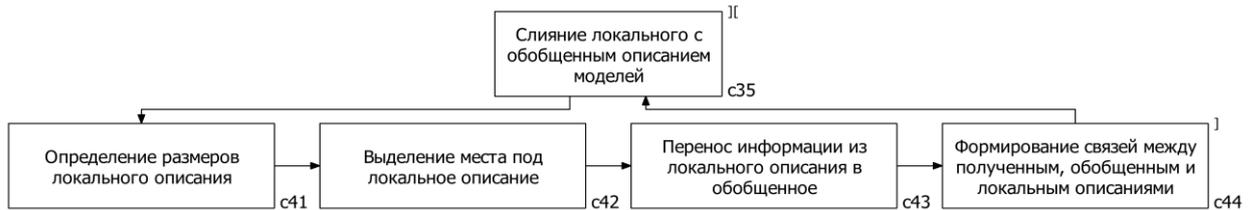


Рисунок 3.59 – Слияние локального с обобщенным описанием моделей в рамках алгоритма интеграции спецификаций ВЗ



Рисунок 3.60 – Перекодировка элементов в полученной спецификации ВЗ в рамках алгоритма интеграции спецификаций ВЗ



Рисунок 3.61 – Проверка полученной спецификации ВЗ в рамках алгоритма интеграции спецификаций ВЗ

Методики интеграции спецификаций динамических и статических составляющих концептуальных моделей, а также функциональных, динамических и статических составляющих инфологических моделей аналогичны методике интеграции спецификаций функциональных и информационных составляющих начальных моделей [87-97].

3.4 Методика интеграции графических описаний, представленных в виде диаграмм

При интеграции графических описаний (диаграмм) моделей необходимо учитывать следующие требования:

- наличие графических описаний моделей предметной задачи и комплекса задач;

- наличие моделей на задачи и на комплекс задач, обеспечивающих представление составляющих комплекса и задачи;

- наличие алгоритма и правил работы с интегрируемыми графическими описаниями моделей;

- наличие квалифицированного персонала, владеющего методикой интеграции [87-89, 91, 97, 99-104].

При интеграции диаграмм следует отметить пять основных этапов:

- подготовка графических описаний моделей к интеграции;

- интеграция локального графического описания модели с обобщённым графическим описанием;

- перекодировка элементов в полученном графическом описании модели КПЗ;

- визуализация полученного описания модели КПЗ;

- проверка полученного описания модели КПЗ [87-89, 91, 97, 99-104].

Рассмотрим методики интеграции диаграмм, формируемых на различных этапах подробнее.

Исходной (входной) информацией для интеграции диаграмм СПД являются:

- обобщенная диаграмма – диаграмма на комплекс предметных задач, в которую будет выполнена интеграция диаграммы задачи - Y_0 ;

- локальная диаграмма - $Y(m)$;

- место слияния диаграмм - $y_{kl}^0 - y_{cv}^m$ [99-102].

Входная информация для интеграции диаграмм, описывающих СПД, приведена на рисунке 3.62.

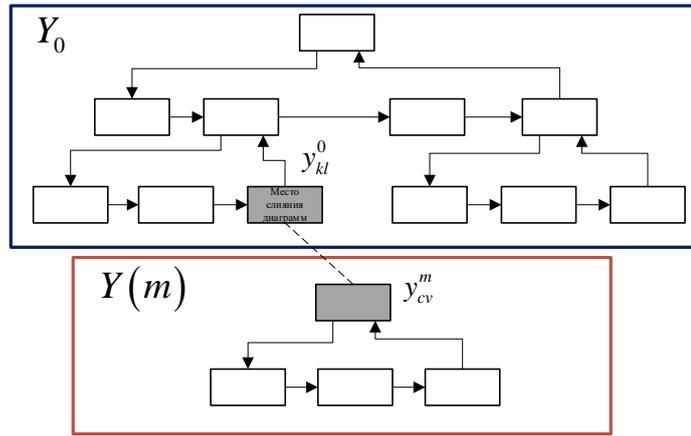


Рисунок 3.62 – Входная информация для интеграции диаграмм, описывающих СПД

Результатом выполнения интеграции (выходная информация) является диаграмма, описывающая СПД - Y_0^* , включающая в себя диаграммы Y_0 , $Y(m)$, участвующие в интеграции, и имеющая общую кодировку. Выходная информация работы алгоритма по интеграции диаграмм, описывающих СПД, приведена на рисунке 3.63.

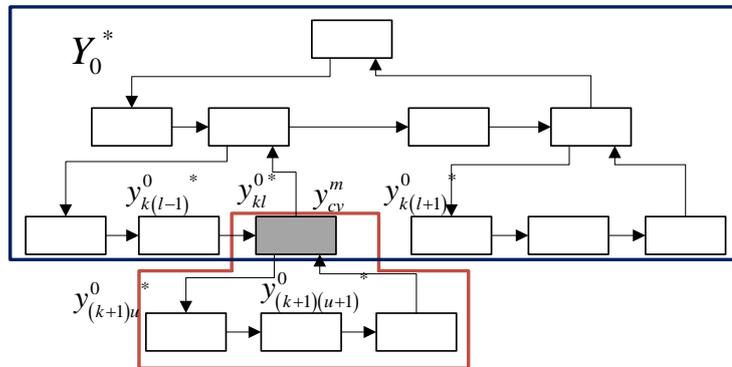


Рисунок 3.63 – Выходная информация интеграции диаграмм, описывающих СПД

Алгоритм интеграции диаграмм, описывающих СПД представлен на рисунке 3.64.

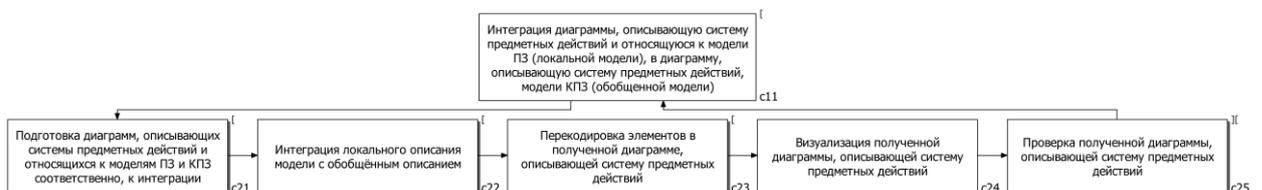


Рисунок 3.64 – Алгоритм интеграции диаграмм, описывающих СПД

Интеграция выполняется с учетом следующих правил.

Подготовка диаграмм, описывающих системы предметных действий и участвующих в интеграции, осуществляется в соответствии с рисунком 3.65.

Сначала в рамках подготовки к слиянию определяются две диаграммы, описывающие СПД Y_0 и $Y(m)$ для интеграции, и выясняется какое из описаний является обобщенным и локальным. Далее происходит фиксация описаний и кодировки элементов [99 - 102].

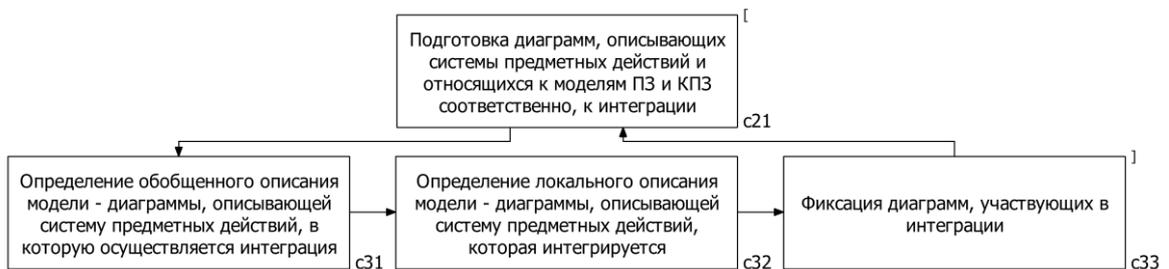


Рисунок 3.65 – Подготовка диаграмм, описывающих СПД к интеграции в рамках алгоритма интеграции диаграмм, описывающих СПД

Следующим шагом выполняется интеграция локального описания модели с обобщённым как показано на рисунке 3.66.



Рисунок 3.66 – Интеграция локального описания модели с обобщённым в рамках алгоритма интеграции диаграмм, описывающих СПД

При интеграции локального описания с обобщенным описанием, относящимся к функциональным или динамическим моделям, необходимо определить точку их слияния.

После определения места стыковки диаграмм необходимо вычислить размеры локального описания, так как при слиянии размеры (количество уровней и количество блоков на каждом уровне) результирующей диаграммы изменятся и нужно решить вопросы, связанные с выделением места под

интегрируемое описание. Выделение места под интегрируемую диаграмму предполагает перерасчет размеров рабочей области, изменение количества ячеек, в которых размещаются блоки. Далее происходит объединение обобщенного и локального описания путем переноса информации из одного описания в другое. Далее осуществляется формирование связей между полученным, обобщенным и локальным описаниями (Рисунок 3.67).



Рисунок 3.67 – Слияние локального с обобщённым описанием модели в рамках алгоритма интеграции диаграмм, описывающих СПД

Следующим этапом в интеграции диаграмм является перекодировка элементов в полученной диаграмме, данный этап представлен на рисунке 3.68. Перед перекодировкой необходимо найти и выделить область, в которой должны произойти изменения в коде блоков. В данную область попадают блоки, располагающиеся ниже и правее места слияния диаграмм [99-102].

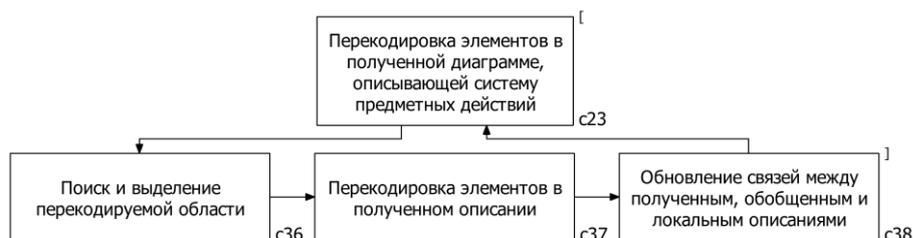


Рисунок 3.68 – Перекодировка элементов в полученной диаграмме рамках алгоритма интеграции диаграмм, описывающих СПД

В алгоритм перекодировки положены основные направления перемещения по диаграмме, представленные на рисунке 3.69, и информация, зашифрованная в коде блока. Также были выставлены приоритеты в направлениях для того, чтобы алгоритм прошел все блоки, нуждающиеся в перекодировке.

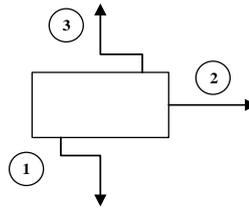


Рисунок 3.69 – Основные направления перемещений по диаграмме с указанием приоритетности

Код блока состоит из префикса, номера уровня и номера на уровне, структура кода блока приведена на рисунке 3.70



Рисунок 3.70 – Структура кода блока

Информация об уровне перекодируемого блока определяется по информации от родительского с добавлением единицы. Если родительского блока нет, соответственно перекодируемый блок располагается на первом уровне. Информация о номере на уровне определяется по информации от предыдущего блока на этом же уровне с добавлением единицы. Если такого блока нет, то перекодируемый блок считается первым на уровне [99-102].

После перекодировки элементов в полученной диаграмме, осуществляется обновление связей между полученным, обобщенным и локальным описаниями.

На этапе визуализации прорисовывается полученная диаграмма описывающая СПД и состоящая из диаграмм Y_0 и $Y(m)$, с единой общей кодировкой. На полученной диаграмме также может отображаться старая кодировка интегрируемых описаний.

Завершающим этапом в интеграции диаграмм, описывающих СПД, является проверка полученной диаграммы Y_0^* . Проверка полученной диаграммы, описывающей СПД, осуществляется в соответствии с рисунком 3.71. Первоначально выполняется проверка диаграммы системой,

выявляющей недочёты при слиянии, перекодировке блоков диаграммы, а также семантические коллизии [99-102].



Рисунок 3.71 – Проверка полученной диаграммы, описывающей СПД рамках алгоритма интеграции диаграмм, описывающих СПД

При проверке полученного описания системой дополнительно используются:

- матричная диаграмма, сформированная в ИС-2, на полный комплекс задач;
- программное обеспечение Microsoft Excel;
- программный модуль «ИС-2 Ласточка».

Для проверки матричную диаграмму необходимо перевести в табличный редактор Microsoft Excel, а уже после с помощью программного модуля «ИС-2 Ласточка» осуществить анализ. Данный программный модуль позволяет вывить ошибки, возникшие при интеграции и выделить их для дальнейшей работы специалиста [106].

Далее на основании представленного системой отчета специалист может исправить ошибки в полученной диаграмме и семантические коллизии, возникшие в результате интеграции.

После проверки диаграммы специалистом и его удовлетворенности полученным результатом, считается, что интеграция диаграмм, описывающих системы предметных действий, завершена и является корректной [99-102].

Методики интеграции диаграмм, относящихся к динамическим составляющим КМ (диаграмм, описывающих СПЗ 1-го рода), к функциональным и динамическим составляющим ИЛМ (диаграмм, описывающих СПД 1-го рода и СПМ 1-го рода), аналогичны методике

интеграции диаграмм, описывающих СПД, функциональных составляющих НМ.

Рассмотрим интеграцию диаграмм, относящимся к статическим составляющим КМ.

Исходной информацией (входной) для интеграции диаграмм, описывающих концептуальные структуры, является:

- обобщённая диаграмма – диаграмма на комплекс ПЗ, в которую будет выполнена интеграция диаграммы задачи - A_0 ;
- локальная диаграмма - $A(m)$ [88].

Результатом выполнения интеграции является итоговая диаграмма, описывающая концептуальную структуру комплекса A_0^* , включающая в себя диаграммы A_0 , $A(m)$, участвующие в интеграции, и имеющая общую, однородную на уровнях кодировку [88, 103].

Алгоритм интеграции диаграмм, описывающих концептуальные структуры представлен на рисунке 3.72.

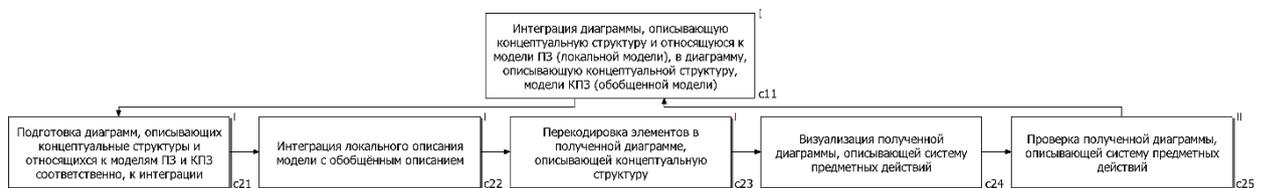


Рисунок 3.72 – Алгоритм интеграции диаграмм, описывающих концептуальные структуры

Интеграция выполняется с учетом следующих правил.

В рамках подготовки диаграмм первоначально определяются две диаграммы, описывающие концептуальные структуры A_0 и $A(m)$ для интеграции в соответствии с рисунком 3.73 – локальное и обобщенное описание, а также осуществляется их фиксации, включая кодировку элементов.

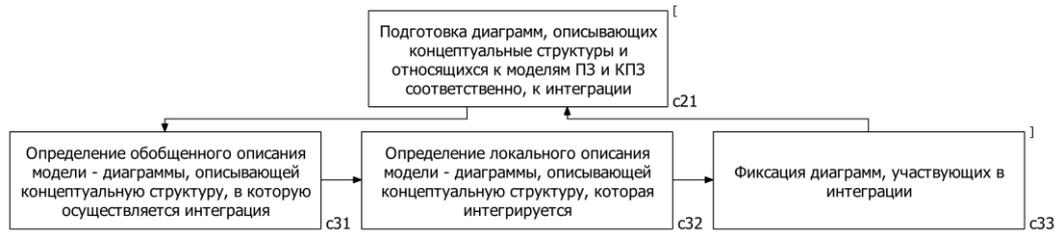


Рисунок 3.73 – Подготовка диаграмм в рамках алгоритма интеграции диаграмм, описывающих концептуальные структуры

Интеграция диаграммы, описывающей концептуальную структуру предметной задачи, в единый комплекс осуществляется по категориям, как показано на рисунках 3.74, 3.75 [88, 103].



Рисунок 3.74 – Интеграция локального описания модели с обобщенным описанием в рамках алгоритма интеграции диаграмм, описывающих концептуальные структуры



Рисунок 3.75 – Слияние локального описания с обобщенным описанием в рамках алгоритма интеграции диаграмм, описывающих концептуальные структуры

При интеграции диаграмм, описывающих концептуальные структуры, важно понимать, что определение места слияния не является значимым этапом, так как интеграция всегда начинается с верхнего уровня. Интеграция на уровне «Цикл» возможна в случае, если $S_{b,l}^0 \equiv S_{b,l}^m$, в противном случае интеграция концептуальных структур невозможна. При данной интеграции необходимо восстановить связи между категориями уровней «Цикл», «Процесс» и более низкими.

После успешной интеграции на уровне «Цикл» процесс переходит на следующий уровень – на уровень «Процесс». При слиянии на данном уровне если категории уровня «Процесс» семантически идентичны $P_{c,\alpha}^0 \equiv P_{c,\alpha}^m$, то в итоговую диаграмму попадет категория, принадлежащая исходной диаграмме, - $P_{c,\alpha}^0 \rightarrow P_{c,\alpha}^{0*}$, противном случае если $P_{c,\alpha}^0 \neq P_{c,\alpha}^m$, то в итоговую диаграмму в рамках одного предметного цикла $S_{b,l}^{0*}$ попадают обе категории: $P_{c,\alpha}^0, P_{c,\alpha}^m$.

После успешной интеграции на уровне «Процесс» интеграция переходит на следующий уровень – на уровень «Задача». При слиянии на данном уровне если категории уровня «Задача» семантически идентичны $Z_{d,\beta}^0 \equiv Z_{d,\beta}^m$, то в итоговую диаграмму попадет категория, принадлежащая исходной диаграмме, - $Z_{d,\beta}^0 \rightarrow Z_{d,\beta}^{0*}$, противном случае если $Z_{d,\beta}^0 \neq Z_{d,\beta}^m$, то в итоговую диаграмму в рамках одного предметного признака $P_{c,\alpha}^{0*}$ попадают обе категории: $Z_{d,\beta}^0, Z_{d,\beta}^m$.

После проведенной интеграции диаграмм по категориям осуществляется перекодировка и восстановление связей в соответствии с рисунком 3.76. При перекодировке предметных категорий следует принять во внимание принцип кодирования предметных категорий.



Рисунок 3.76 – Перекодировка элементов в полученном описании рамках алгоритма интеграции диаграмм, описывающих концептуальные структуры

Интеграция концептуальных структур на уровнях «Компонент», «Объект», «Признак», «Значение» осуществляется аналогичным способом, применяемым при интеграции на уровне «Задача». Однако при интеграции концептуальных структур на уровне «Значение» следует учитывать, что

восстановление связей возможно только с уровнем выше, так как данный уровень является последним в концептуальной структуре.

На этапе визуализации прорисовывается полученная диаграмма, описывающая концептуальную структуру комплекса A_0^* , включающая в себя диаграммы A_0 , $A(m)$, участвующие в интеграции, и имеющая общую, однородную на уровнях кодировку. В полученном описании при необходимости может отображаться кодировка обобщённой и локальной диаграмм.

Завершающим этапом в интеграции диаграмм является проверка полученной диаграммы A_0^* (Рисунок 3.77). При проверки полученной диаграммы системой первоначально осуществляется поиск и выделение семантически близких друг к другу предметных категорий внутри каждого уровня, а далее выявляются недочёты при слиянии, перекодировке предметных категорий и семантические коллизии [88, 103].



Рисунок 3.77 – Проверка полученной диаграммы в рамках алгоритма интеграции диаграмм, описывающих концептуальные структуры

Далее на основании представленного системой отчета по интеграции диаграмм специалист может исправить ошибки в итоговой диаграмме, семантические коллизии, возникшие в результате интеграции.

После проверки полученной диаграммы специалистом и его удовлетворенности, считается, что интеграция диаграмм завершена и является корректной [88,103].

Методика интеграции диаграмм, относящихся к статическим составляющим инфологических моделей (диаграмм, описывающих

инфологические структуры), аналогична методике интеграции диаграмм, описывающих концептуальные структуры статических составляющих концептуальных моделей [87-89, 91, 97, 99-104].

3.5 Выводы по третьей главе

1. На основании метода интеграции табличных описаний моделей для проектируемых АС была осуществлена разработка методик интеграции описаний моделей для проектируемых АС, включающих входную и выходную информацию для работы алгоритма, а также сами алгоритмы интеграции описаний, представленных в виде спецификаций, для составляющих обобщенной и локальной моделей, а именно:

– для НМ:

- функциональных составляющих для спецификаций А1, А2;
- информационных составляющих для спецификаций В1, В2, В3;

– для КМ:

- динамических составляющих для спецификаций F3, F4;
- статических составляющих для спецификаций F1, F2;

– для ИЛМ:

- функциональных составляющих для спецификаций P5, P6;
- динамических составляющих для спецификаций P3, P4;
- статических составляющих для спецификаций P1, P2;

2. На основании метода интеграции графических описаний моделей для проектируемых АС была осуществлена разработка методик интеграции описаний моделей для проектируемых АС, включающих входную и выходную информацию для работы алгоритма, а также сам алгоритм интеграции описаний, представленных в виде диаграмм, для составляющих обобщенной и локальной моделей, а именно:

– для НМ:

- функциональные составляющие: для диаграмм СПД;
- для КМ:
 - динамические составляющие для диаграмм, описывающих СПЗ 1-го рода;
 - статические составляющие для диаграмм, описывающих концептуальные структуры;
- для инфологических моделей:
 - функциональные составляющие для диаграмм, описывающих СПМ 1-го рода;
 - динамические составляющие для диаграмм, описывающих СПД 1-го рода;
 - статические составляющие для диаграмм, описывающих инфологические структуры;

Разработанные и описанные методики интеграции табличных (спецификаций) и графических (диаграмм) описаний обобщенных и локальных начальных, концептуальных и инфологических моделей для проектируемых АС позволили перейти к процессу определения требований к программному обеспечению и самой разработке программных модулей, поддерживающих методы интеграции описаний моделей, формируемых на этапах предпроектного обследования и проектирования АС.

ГЛАВА 4. ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ЗАДАЧИ

4.1 Общее описание программного комплекса

Программный комплекс ИС-2 реализован с помощью клиент-серверной технологии и имеет трехзвенную архитектуру, приведенную на рисунке 4.1. Серверная часть, включающая в себя сервер приложений и сервер баз данных, обеспечивает управление функционированием и информационное взаимодействие между отдельными клиентами. [26, 107 – 108].

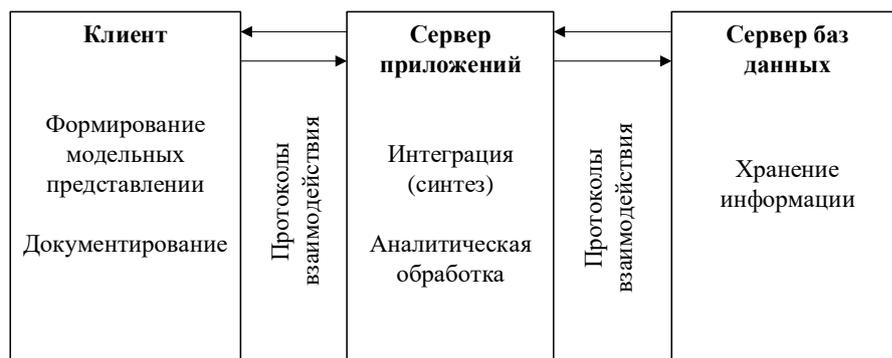


Рисунок 4.1 – Архитектура ИС-2

Сервер баз данных в программном комплексе ИС-2 является централизованным хранилищем информации. Сервер баз данных решает задачу информационного обмена между модулями ИС-2 и между пользователями инструментального средства, имеющими доступ и возможность изменять одну и ту же информацию [109, 110].

Сервер приложений выполняет функции, связанные с обработкой данных и интеграцией (синтезом) обобщенной и локальных описаний моделей, а также включает в себя функции для работы с сервером баз данных. Кроме того, сервер приложений осуществляет доступ к проектной и

управленческой информации, контроль выполнения функциональных процедур и ряд других управленческих задач.

На стороне клиента выполняются такие функции, как документирование и формирование локальных и обобщенных описаний моделей. Это обусловлено тем, что для выполнения этих функций необходим постоянный ввод информации со стороны пользователя ИС-2. Также клиент ИС-2 обладает необходимым интерфейсом для выполнения функциональных и управленческих функций.

В виду существенной сложности ИС-2 приложение имеет модульную структуру, каждый модуль которой выполняет определенную процедуру над одной из составляющей модели. [109, 110] Пример модуля ИС-2, осуществляющего интеграцию описаний динамических составляющих концептуальных моделей, приведен на рисунке 4.2.

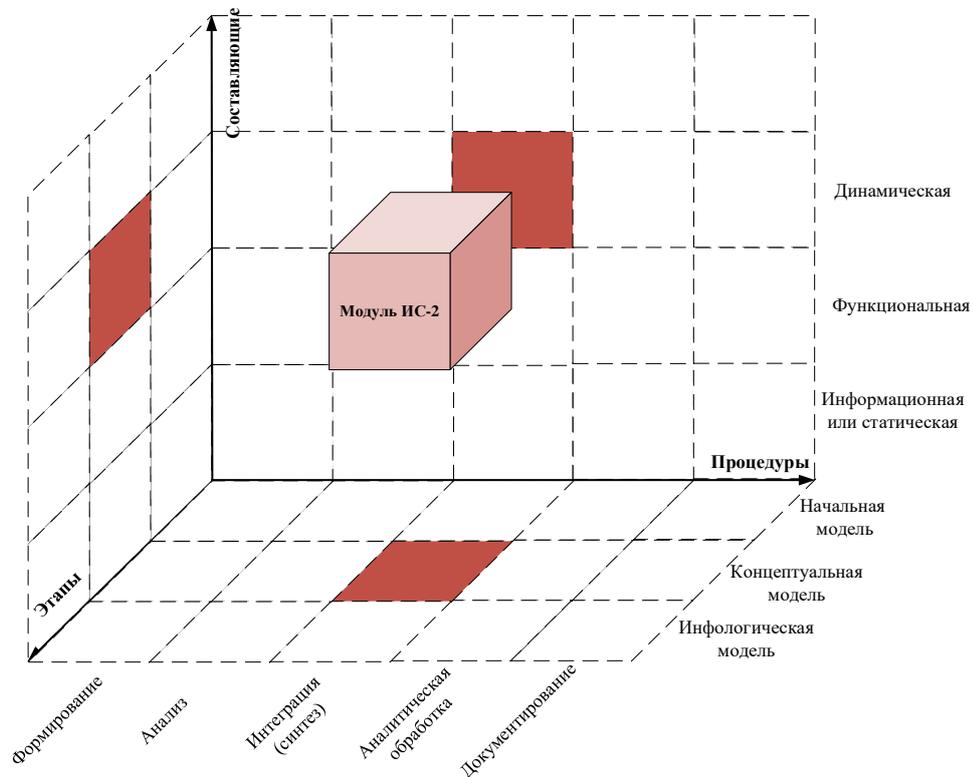


Рисунок 4.2 – Структура ИС-2. Модуль, осуществляющий интеграцию описаний динамических составляющих КМ

При разработке модулей, поддерживающих методы интеграции описаний моделей, формируемых на этапах предпроектного обследования и проектирования АС, следует учитывать, что выполнение функций разрабатываемых модулей должно происходить после завершения работы модулей формирования моделей. А в результате их работы должны быть созданы либо обобщенная модель для комплекса предметных задач и локальная модель для предметной задачи, либо две модели для предметных задач разных уровней сложности, где одна является частью другой.

При их функционировании должно учитываться то, что в моделях могут содержаться ошибки или недоработки, при наличии которых разрабатываемые модули могут повлечь за собой аварийное прекращение работы всей ИС-2.

Для обеспечения возможности интеграции разрабатываемых модулей к ИС-2 должны быть выполнены следующие условия:

- в программных модулях должны быть реализованы все требуемые программные интерфейсы в соответствии с руководством системного программиста, прилагаемом к ИС-2;

- программные модули должны быть реализованы в виде динамической подключаемой библиотеки *.dll в интегрированной среде разработки программного обеспечения Visual Studio 2019 с использованием фреймворка Qt версии 5.15.1;

- должен быть выполнен корректный процесс настройки модуля, регламентированный в руководстве разработчика, прилагаемом к ИС-2.

Для работы ИС-2 предъявляются минимальные системные требования:

- любой процессор на архитектуре Intel x64;
- видеоадаптер с поддержкой OpenGL 2.0;
- оперативное запоминающее устройство 4 ГБ;
- операционная система Windows 7 x64.

А для стабильной и корректной работы ИС-2 рекомендуем следующие системные требования:

- процессор Intel Core i5 6600;

- видеоадаптер с поддержкой OpenGL 4.0;
- ОЗУ 8 ГБ;
- операционная система Windows 10 x64 [109, 110].

4.2 Программно-техническая среда и средства реализации

Выбор среды разработки, языка программирования и фреймворка был обусловлен выставленными требованиями к программному продукту, описанных выше, а также существенными преимуществами перед аналогами: среда разработки – Visual Studio 2019, фреймворк – Qt, язык программирования – C++.

C++ является одним из наиболее популярных языков программирования. По версии рейтинга TIOBE за август 2023 года он занял 3 место, а на момент начала разработки ИС-2 занимал 3 место [111].

C++ считается одним из самых производительных языков программирования. C++ наиболее универсальный язык программирования, поддерживает множество стилей программирования (процедурное программирование, объектно-ориентированное программирование и обобщённое программирование). Компиляторы C++ присутствуют практически на каждой операционной системе, что позволяет без особых трудностей переносить программу с одной платформы на другую. Написано достаточно большое количество библиотек и сред разработки.

При выборе среды разработки следовало учитывать, что инструмент должен поддерживать выбранный язык программирования и требования к модулям ИС-2, описанным в разделе 4.1. В результате анализа сред разработки была выбрана Microsoft Visual Studio.

Microsoft Visual Studio является интегрированной средой разработки компьютерных программ для Microsoft Windows, а также веб-сайтов, веб-приложений и веб-сервисов. Такая среда объединяет этапы

программирования, компиляции и компоновки в пределах единого пользовательского интерфейса, предоставляющего средства отладки, облегчающие обнаружение ошибок и устранение проблем, возникающих в процессе программирования [112, 113].

Microsoft Visual Studio поддерживает большое множество языков программирования, включая C++.

Microsoft Visual Studio наиболее эффективна при работе с крупными проектами, однако может быть использована для разработки небольших программ. В этой среде разработки, помимо привычного редактора кода и отладчика, имеющихся во многих интегрированных средах разработки, доступны компиляторы, функции автозавершения кода, графические конструкторы и множество других инструментов, которые значительно облегчают процесс разработки.

Данная среда разработки поддерживает установку расширений и интеграцию с различными фреймворками, что позволяет расширить функциональные возможности практически на каждом уровне, и добавить новые наборы инструментов [112, 113].

Так для учета всех требований и особенностей дополнительно был выбран фреймворк Qt.

Qt является кроссплатформенным фреймворком, предназначенным для разработки программного обеспечения и позволяющим быстро и эффективно проектировать, разрабатывать, выпускать и сопровождать программные продукты, с единым пользовательским интерфейсом среди всех используемых платформ [114].

При интеграции с Microsoft Visual Studio расширяются границы разработки:

– графические возможности для создания интерфейсов разрабатываемых программ, написанных на Qt, значительно шире, чем возможности аналогичных расширений для языка C++;

– Qt позволяет значительно сократить время разработки программного обеспечения, а также повысить его эффективность, за счет наличия многофункциональных кроссплатформенных библиотек и готовых инструментов;

– Qt имеет хорошо продуманный, логичный и стройный набор классов, предоставляющий программисту очень высокий уровень абстракции.

– Qt позволяет оптимизировать производительность программного обеспечения в зависимости от доступных аппаратных ресурсов платформы [114, 115].

4.3 Организация программного обеспечения

В соответствии с разработанными методиками интеграции графических (диаграмм) и табличных (спецификаций) описаний различных моделей и заданными требованиями были реализованы соответствующие модули, поддерживающие методы интеграции описаний (диаграмм и спецификаций) начальных, концептуальных, инфологических моделей, и произведена их интеграция в программный комплекс ИС-2. [116, 117]. На рисунке 4.3 визуально отображены реализованные модули в общей структуре ИС-2.

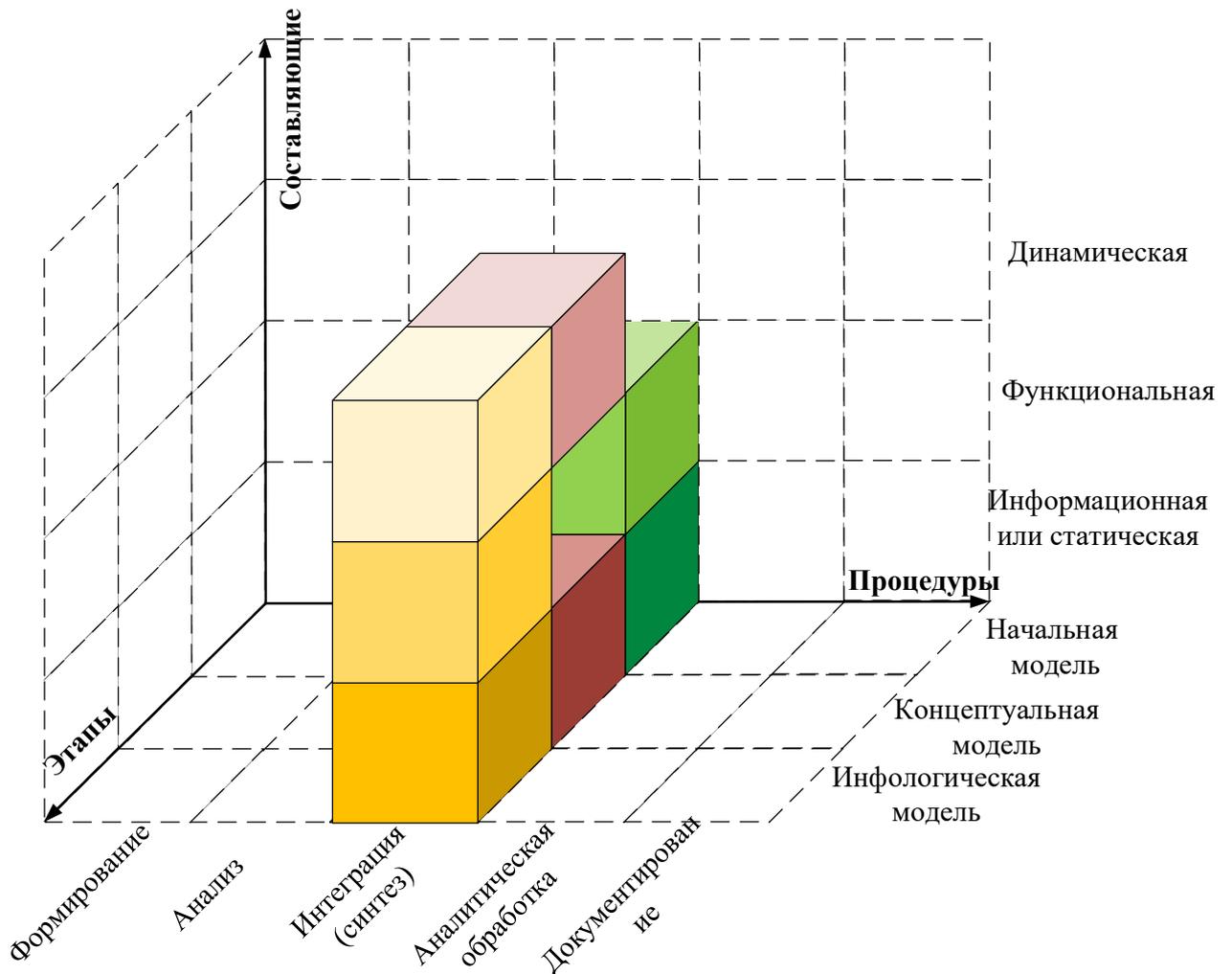


Рисунок 4.3 – Реализованные модули, поддерживающие методы интеграции описаний моделей

Модули соответствуют всем предъявляемым к ним требованиям. Задача модулей интеграции заключается в выполнении операции интеграции описаний моделей ПЗ в единый комплекс ПЗ.

Для выполнения интеграции пользователю необходимо указать файл с проектом ИС-2, в котором находится локальная модель и указать точку включения в модель – точка слияния. На рисунках 4.4 – 4.6 представлены входные данные для работы модуля интеграции описаний динамических составляющих концептуальных моделей, а цветом выделены следующие позиции, участвующие в интеграции: синим – описание обобщённой модели, красным – описание локальной модели, зеленым – точка слияния описаний.

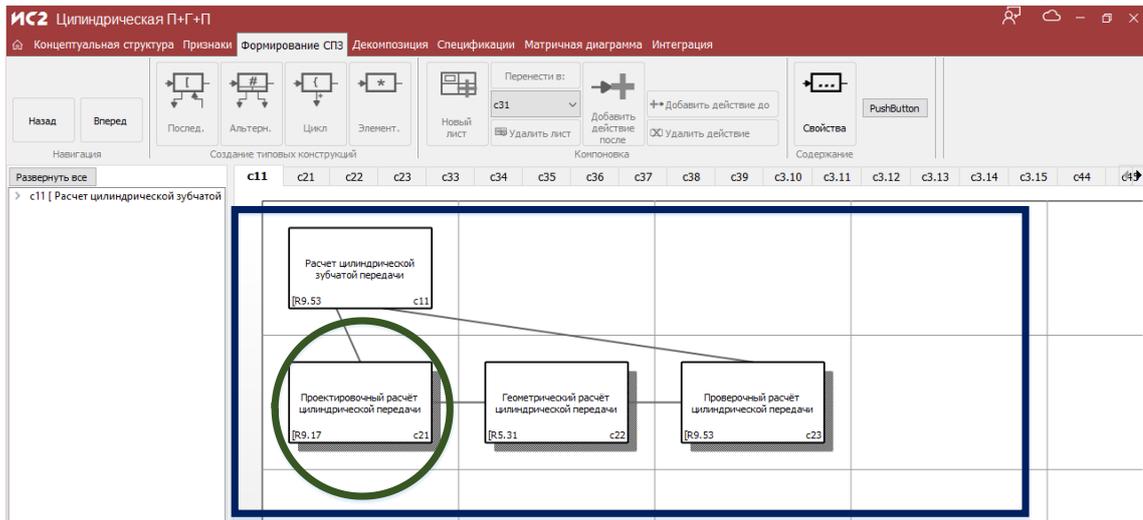


Рисунок 4.4 – Входные данные для работы модуля интеграции описаний динамических составляющих КМ – описание обобщенной модели

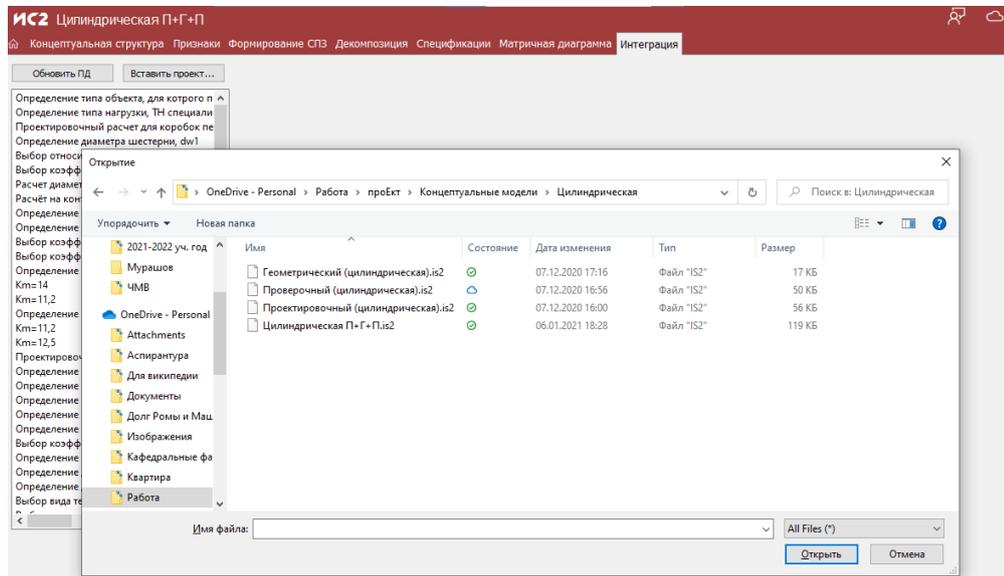


Рисунок 4.5 – Входные данные для работы модуля интеграции описаний динамических составляющих КМ – выбор локальной модели

После ввода входных данных интеграция описаний моделей должна выполняться автоматически в соответствии с предложенной методикой.

Итогом выполнения алгоритма является результирующее описание модели, открытое в программном комплексе ИС-2, включающее добавленную в процессе интеграции часть описания и результаты анализа полученного описания на предмет ошибок и коллизий. Выходные данные работы модуля представлены на рисунке 4.7. На основании представленного системой анализа специалист может исправить в полученной модели ошибки и/или семантические коллизии, возникшие в результате интеграции.

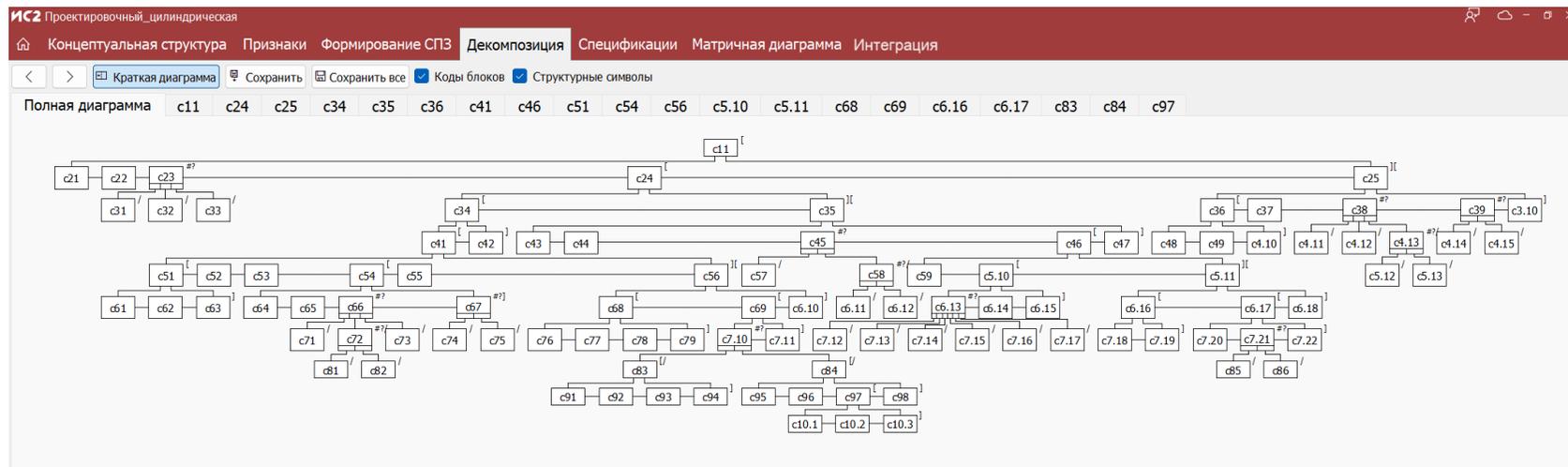


Рисунок 4.6 – Входные данные для работы модуля интеграции описаний динамических составляющих концептуальных моделей – описание локальной модели

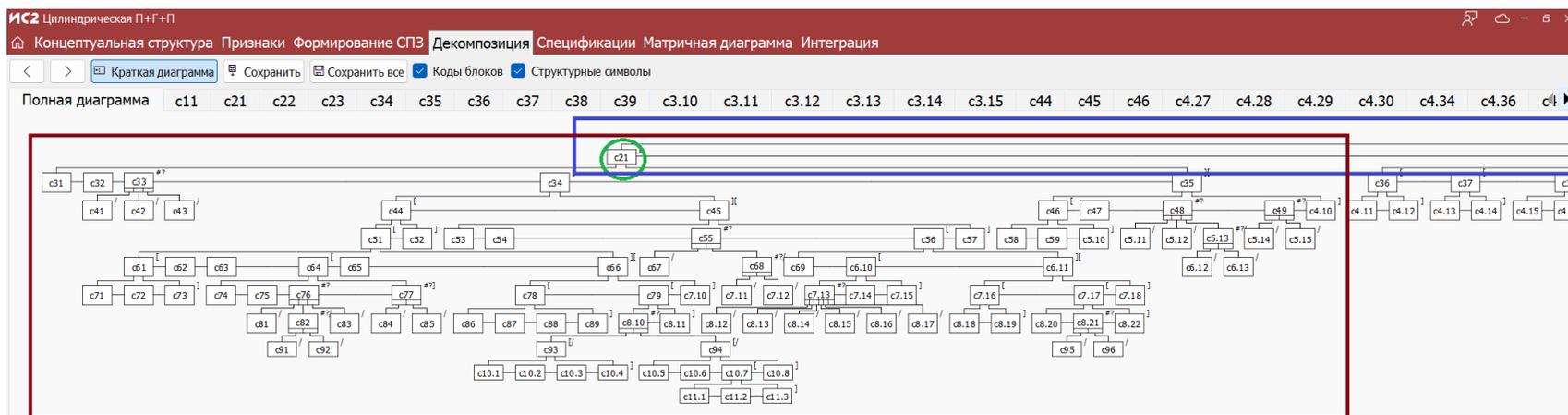


Рисунок 4.7 – Выходные данные модуля интеграции описаний динамических составляющих концептуальных моделей

4.4 Апробация результатов диссертационного исследования

Апробация результатов диссертационного исследования – методов, методик и программных модулей интеграции описаний моделей, формируемых на этапах предпроектного обследования и проектирования АС, проводилась на тестовых массивах управленческих и проектных задач. Тестирование было выполнено для всех расчетных задач, выполняемых при проектировании следующих типов передач: цилиндрической, конической, червячной, цепной, плоскоременной, клиноременной. А также для задач управления процессом проектирования.

Апробация выполнялась в следующих режимах для каждого комплекса проектных и управленческих задач:

- ручном режиме – специалист проводил интеграцию вручную с использованием графического редактора и модулей интегрированной среды «ИС-2», с последующей проверкой правильности построения диаграмм и спецификаций дополнительными инструментами «ИС-2»;

- автоматизированном режиме – автоматическая интеграция с использованием разработанных экспериментальных версий модулей, с последующей проверкой полученной результирующей диаграммы либо спецификации специалистом на наличие/отсутствие дублирования элементов (параметров, предметных категорий, именованных структурных единиц; предметных действий, предметных зависимостей, предметных манипуляций).

Результаты апробации и тестирований заносились в отчетные формы, включающие: описания входных и выходных данных (ожидаемый и фактический результат), анализ описаний и фиксация наличия/отсутствия расхождений между ожидаемым и фактическим результатами; при наличии расхождений – описание действий по их устранению, описание вносимых в

процедуры и алгоритмы изменений; возвращение к тестированию модуля и алгоритма и проверка полученных результатов.

Ниже приведены примеры работы модулей, поддерживающих методы интеграции табличных и графических описаний моделей, формируемых на этапах предпроектного обследования и проектирования АС.

На рисунках 4.8 – 4.16 приведены скриншоты работы модулей по интеграции графических (диаграмм, описывающих системы предметных действий) и табличных описаний (спецификаций А1, А2) локальной начальной модели, описывающих проектировочный расчет для цепных передач, и обобщённой начальной модели на комплекс задач.

Функциональная составляющая обобщённой начальной модели включает в себя:

- диаграмму, описывающую систему предметных действий на комплекс задач по расчетам для цепных передач (Рисунок 4.8);

- спецификацию А1, где фиксируется для каждого сложного действия упорядоченность простых, учитывая базовые и типовые конструкции (Рисунок 4.9);

- спецификацию А2, где фиксируется описание всех предметных действий (Рисунок 4.10).

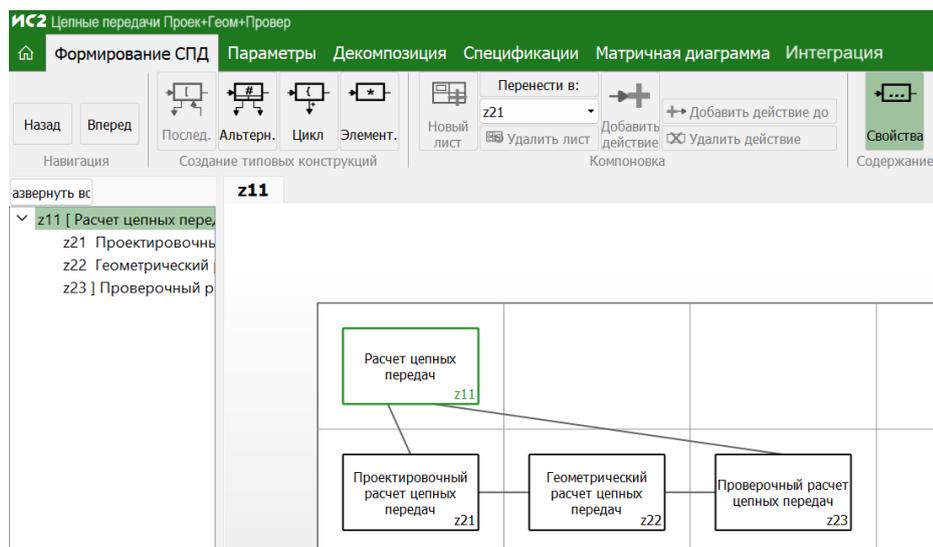


Рисунок 4.8 – Диаграмма системы предметных действий, описывающая комплекс задач по расчетам для цепных передач (до интеграции)

ИС2 Цепные передачи Проектирование+Геометрия+Проверка

Формирование СПД Параметры Декомпозиция **Спецификации**

Форма А1 Форма А2 Форма В1 Форма В2 Форма В3

Код ПД1	Код ПД2	Код ПД3	Вид компоновки
z11	z21	z22	Последовательность
z11	z22	z23	Последовательность

Рисунок 4.9– Спецификация А1 комплекса задач по расчетам (проектировочный, геометрический, проверочный) для цепных передач (до интеграции)

ИС2 Цепные передачи Проектирование+Геометрия+Проверка

Формирование СПД Параметры Декомпозиция **Спецификации** Матричная диаграмма Интеграция

Форма А1 Форма А2 Форма В1 Форма В2 Форма В3

Порядок сортировки: Рекурсивный обход

Код	Наименование	Статус	Степень формализации
z11	Расчет цепных передач	П	Ал.
z21	Проектировочный расчет цепных передач	Э	Ан.
z22	Геометрический расчет цепных передач	Э	Ан.
z23	Проверочный расчет цепных передач	Э	Ан.

Рисунок 4.10 – Спецификация А2 комплекса задач по расчетам (проектировочный, геометрический, проверочный) для цепных передач (до интеграции)

Функциональная составляющая локальной начальной модели, показывающей проектировочный расчет для цепных передач, включает в себя:

- диаграмму, описывающую систему предметных действий (Рисунок 4.11);
- спецификацию А1 (Рисунок 4.12);
- спецификацию А2 (Рисунок 4.13).



Рисунок 4.11 – Диаграмма системы предметных действий, описывающая проектировочный расчет для цепных передач

ИС2 Цепные передачи (проектировочный)			
Формирование СПД Параметры Декомпозиция Спецификации			
Форма А1		Форма А2	
Форма В1		Форма В2	
Форма В3			
Код ПД1	Код ПД2	Код ПД3	Вид компоновки
z11	z21	z22	Последовательность
z11	z22	z23	Последовательность
z21	z31	z32	Последовательность
z21	z32	z33	Последовательность
z21	z33	z34	Последовательность
z21	z34	z35	Последовательность
z22	z36	z37	Последовательность
z22	z37	z38	Последовательность
z22	z38	z39	Последовательность
z23	z3.10	z3.11	Последовательность
z23	z3.11	z3.12	Последовательность
z32	z41	z42	Последовательность
z33	z43	-	Альтернатива
z33	z44	-	Альтернатива
z33	z45	-	Альтернатива
z33	z46	-	Альтернатива
z34	z47	-	Альтернатива
z34	z48	-	Альтернатива
z41	z51	z52	Последовательность

Рисунок 4.12 – Спецификация А1 в рамках задачи по проектировочному расчету для цепных передач

ИС2 Цепные передачи (проектировочный)			
Формирование СПД Параметры Декомпозиция Спецификации Матричная диаграмма Интеграция			
Форма А1		Форма А2	
Форма В1		Форма В2	
Форма В3			
Код	Наименование	Статус	Степень формализации
z11	Проектировочный расчет цепных передач	П	Ал.
z21	Определение расчетного шага цепи, тшп	П	Ал.
z31	Определение мощности, Nшп	Э	Э
z32	Определение коэффициента, в зависимости от скорости	П	Ал.
z41	Определение коэффициента Кушп, учитывающий влияние на усталостную прочность пластин частоты вращения ведущей звездочки	П	Ал.
z51	Определение частоты вращения ведущей звездочки, n1шп, специалистом	Э	Э
z52	Расчет Кушп	Э	Ан.
z42	Определение коэффициента Кошп, учитывающий влияние частоты вращения ведущей звездочки на износостойкость шарниров	Э	Ан.
z33	Определение коэффициента Кшп, учитывающий число рядов цепи, в зависимости от ряда	П	Ан.
z43	Для однорядной цепи Кшп=1	Э	Э
z44	Для двухрядной цепи Кшп=1,7	Э	Э
z45	Для трехрядной цепи Кшп=2,5	Э	Э
z46	Для четырехрядной цепи Кшп=3	Э	Э
z34	Определение расчетного значения шага цепи, тшп	П	Ан.
z47	Расчет тшп для средне- и низкоскоростных передач	Э	Ан.
z48	Расчет тшп для скоростных передач	Э	Ан.
z35	Определение окончательного значения шага цепи тшпкон по таблице 4.1 приложения 1	Э	С
z22	Определение числа звеньев цепи, зп	П	Ал.
z36	Определение принятого межзвьевого расстояния, ашп	Э	Э
z37	Определение числа зубьев ведущей звездочки, z1шп	Э	Э
z38	Определение числа зубьев ведомой звездочки, z2шп	Э	Э
z39	Расчет зп	Э	Ан.
z23	Определение окончательного межзвьевого расстояния, ашп	П	Ал.
z3.10	Определение коэффициента λшп	Э	Ан.
z3.11	Определение коэффициента Δшп	Э	Ан.
z3.12	Расчет окончательного межзвьевого расстояния, ашп	Э	Ан.

Рисунок 4.13 – Спецификация А2 в рамках задачи по проектировочному расчету для цепных передач

Результатом интеграции описаний функциональных составляющих обобщенной и локальной моделей является описание обновленной обобщенной модели, включающей в себя:

- диаграмму, описывающую систему предметных действий на комплекс задач по расчетам для цепных передач (Рисунок 4.14);
- спецификацию A1 (Рисунок 4.15);
- спецификацию A2 (Рисунок 4.16).

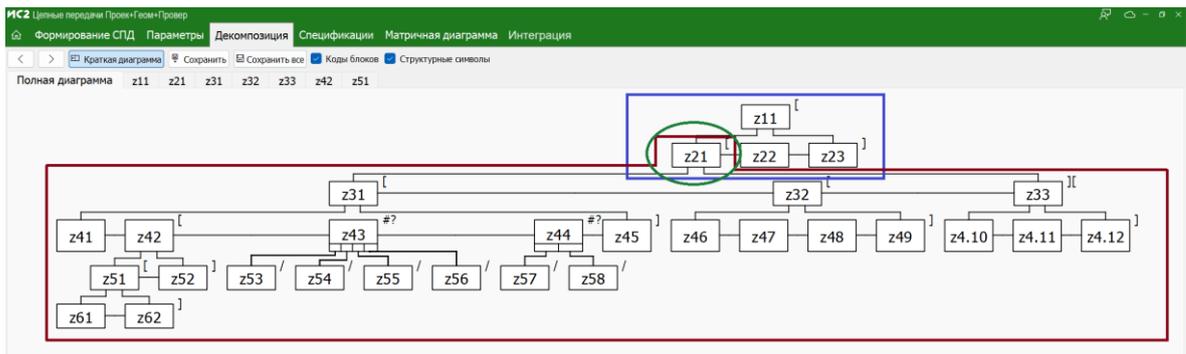


Рисунок 4.14 – Диаграмма, описывающая систему предметных действий, на комплекс задач по расчетам, включая проектировочный, для цепных передач

Код ПД1	Код ПД2	Код ПД3	Вид компоновки
z11	z21	z22	Последовательность
z11	z22	z23	Последовательность
z21	z31	z32	Последовательность
z21	z32	z33	Последовательность
z31	z41	z42	Последовательность
z31	z42	z43	Последовательность
z31	z43	z44	Последовательность
z31	z44	z45	Последовательность
z32	z46	z47	Последовательность
z32	z47	z48	Последовательность
z32	z48	z49	Последовательность
z33	z4.10	z4.11	Последовательность
z33	z4.11	z4.12	Последовательность
z42	z51	z52	Последовательность
z43	z53	-	Альтернатива
z43	z54	-	Альтернатива
z43	z55	-	Альтернатива
z43	z56	-	Альтернатива
z44	z57	-	Альтернатива
z44	z58	-	Альтернатива
z51	z61	z62	Последовательность

Рисунок 4.15 – Спецификация A1 на комплекс задач по расчетам, включая проектировочный, для цепных передач

ИС2 Цепные передачи Проек+Геом+Провер

Формирование СПД Параметры Декомпозиция **Спецификации** Матричная диаграмма Интеграция

Форма А1 Форма А2 Форма В1 Форма В2 Форма В3

Порядок сортировки Рекурсивный обход

Код	Наименование	Статус	Степень формализации
z11	Расчет цепных передач	П	Ал.
z21	Проектировочный расчет цепных передач	П	Ал.
z31	Определение расчетного шага цепи, тшп	П	Ал.
z41	Определение мощности, Nшп	Э	Э
z42	Определение коэффициента, в зависимости от скорости	П	Ал.
z51	Определение коэффициента $K_{ушп}$, учитывающий влияние на усталостную прочность пластин частоты вращения ведущей звездочки	П	Ал.
z61	Определение частоты вращения ведущей звездочки, $n_{шп}$, специалистом	Э	Э
z62	Расчет $K_{ушп}$	Э	Ан.
z52	Определение коэффициента $K_{шп}$, учитывающий влияние частоты вращения ведущей звездочки на износостойкость шарниров	Э	Ан.
z43	Определение коэффициента $K_{мшп}$, учитывающий число рядов цепи, в зависимости от ряда	П	Ан.
z53	Для однорядной цепи $K_{мшп}=1$	Э	Э
z54	Для двухрядной цепи $K_{мшп}=1,7$	Э	Э
z55	Для трехрядной цепи $K_{мшп}=2,5$	Э	Э
z56	Для четырехрядной цепи $K_{мшп}=3$	Э	Э
z44	Определение расчётного значения шага цепи, тшп	П	Ан.
z57	Расчёт тшп для средне- и низкоскоростных передач	Э	Ан.
z58	Расчёт тшп для скоростных передач	Э	Ан.
z45	Определение окончательного значения шага цепи тшпкон по таблице 4.1 приложения 1	Э	С
z32	Определение числа звеньев цепи, zц	П	Ал.
z46	Определение принятого межосевого расстояния, ашп	Э	Э
z47	Определение числа зубьев ведущей звездочки, z1шп	Э	Э
z48	Определение числа зубьев ведомой звездочки, z2шп	Э	Э
z49	Расчет zц	Э	Ан.
z33	Определение окончательного межосевого расстояния, ашп	П	Ал.
z4.10	Определение коэффициента лшп	Э	Ан.
z4.11	Определение коэффициента Дшп	Э	Ан.
z4.12	Расчёт окончательного межосевого расстояния, ашп	Э	Ан.
z22	Геометрический расчет цепных передач	Э	Ан.
z23	Проверочный расчет цепных передач	Э	Ан.

Рисунок 4.16 – Спецификация А2 на комплекс задач по расчетам, включая проектировочный, для цепных передач

Следует отметить, что в описаниях, полученных после интеграции, синим цветом выделены фрагменты описаний обобщённой модели, красным – описания локальной модели, зеленым – точка слияния описаний.

На рисунках 4.17 – 4.33 приведены скриншоты работы модулей по интеграции графических (диаграмм, описывающих концептуальную структуру) и табличных описаний (спецификации F1, F2) статических составляющих концептуальных моделей (обобщённой и локальной) для цилиндрических зубчатых передач.

Описание статической составляющей обобщенной концептуальной модели включает:

- диаграмму, описывающую концептуальную структуру (Рисунок 4.17);
- спецификацию F1, где фиксируется описание ПК которая описывает бинарные связи ПК (Рисунок 4.18);
- спецификацию F2, где фиксируются бинарные связи между ПК (Рисунок 4.19).

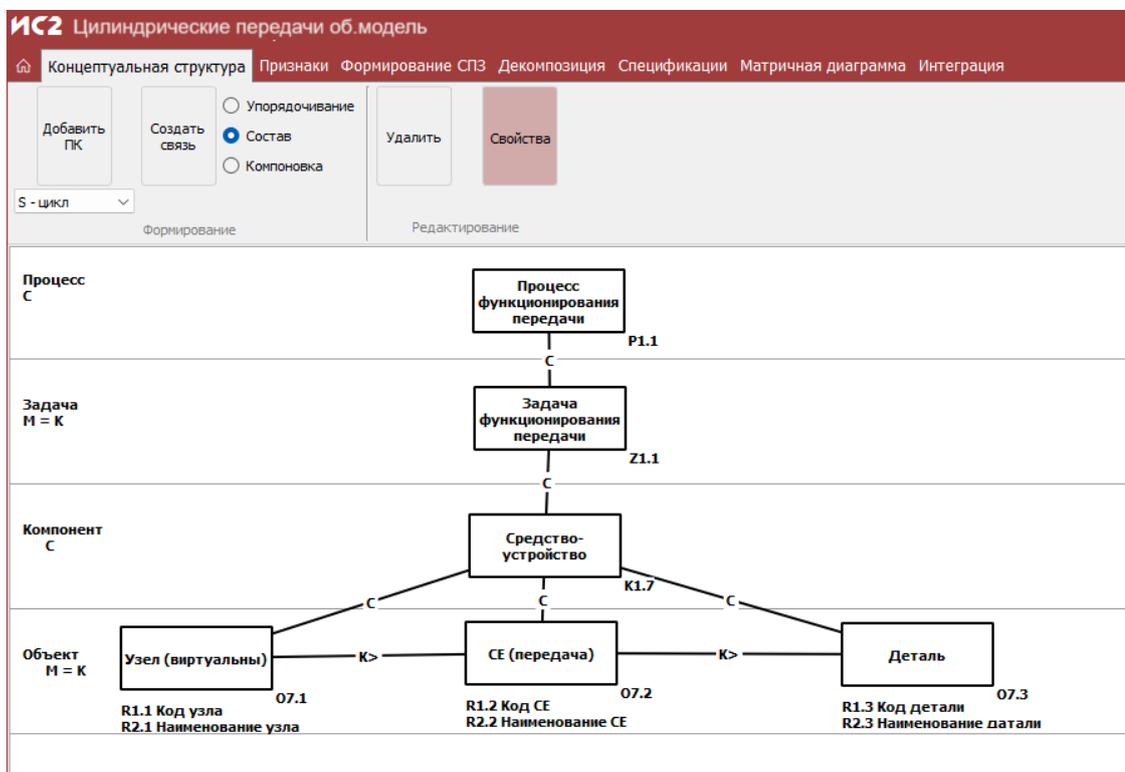


Рисунок 4.17 – Концептуальная структура на комплекс задач по расчетам для цилиндрических зубчатых передач (до интеграции)

ИС2 Цилиндрические передачи об. модель					
Концептуальная структура Признаки Формирование СПЗ Декомпозиция Спецификации Мат					
Форма F1		Форма F2		Форма F6	
Класс	Код	Наименование	Тип	Статус	Оценка
P	P1.1	Процесс функционирования передачи	T	P	
Z	Z1.1	Задача функционирования передачи	T	P	
K	K1.7	Средство-устройство	T	P	
O	O7.1	Узел (виртуальны)	NT	P	
O	O7.2	СЕ (передача)	NT	P	
O	O7.3	Деталь	T	P	
R	R1.1	Код узла	T	P	
R	R1.2	Код СЕ	T	P	
R	R1.3	Код детали	T	P	
R	R2.1	Наименование узла	T	P	
R	R2.2	Наименование СЕ	T	P	
R	R2.3	Наименование датели	T	P	

Рисунок 4.18 – Спецификации F1 на комплекс задач по расчетам для цилиндрических зубчатых передач (до интеграции)

ИС2 Цилиндрические передачи об. модель							
Концептуальная структура Признаки Формирование СПЗ Декомпозиция Спецификации Матричная диаграмма Интеграция							
Форма F1		Форма F2		Форма F4		Форма F6	
Класс	Код ПК1	Код ПК2	Код ПК3	Наименование	Вид	Оценка	Код
PZ	P1.1	Z1.1	-	Состав процесса "Процесс функционирования передачи"	C	99	P1.1Z1.1-
ZK	Z1.1	K1.7	-	Состав задачи "Задача функционирования передачи"	C	1	Z1.1K1.7-
KO	K1.7	O7.1	-	Состав компонента "Средство-устройство"	C	99	K1.7O7.1-
KO	K1.7	O7.2	-	Состав компонента "Средство-устройство"	C	99	K1.7O7.2-
KO	K1.7	O7.3	-	Состав компонента "Средство-устройство"	C	99	K1.7O7.3-
OK	K1.7	O7.1	O7.2	Компоновка компонента "Средство-устройство"	K	99	K1.7O7.1O7.2
OK	K1.7	O7.2	O7.3	Компоновка компонента "Средство-устройство"	K	99	K1.7O7.2O7.3
OR	O7.1	R1.1	-	Состав объекта "Узел (виртуальны)"	C	1	O7.1R1.1-
OR	O7.1	R2.1	-	Состав объекта "Узел (виртуальны)"	C	1	O7.1R2.1-
OR	O7.2	R1.2	-	Состав объекта "СЕ (передача)"	C	1	O7.2R1.2-
OR	O7.2	R2.2	-	Состав объекта "СЕ (передача)"	C	1	O7.2R2.2-
OR	O7.3	R1.3	-	Состав объекта "Деталь"	C	1	O7.3R1.3-
OR	O7.3	R2.3	-	Состав объекта "Деталь"	C	1	O7.3R2.3-
RO	O7.1	R1.1	-	Компоновка объекта "Узел (виртуальны)"	K	1	O7.1R1.1-
RO	O7.1	R2.1	-	Компоновка объекта "Узел (виртуальны)"	K	2	O7.1R2.1-
RO	O7.2	R1.2	-	Компоновка объекта "СЕ (передача)"	K	1	O7.2R1.2-
RO	O7.2	R2.2	-	Компоновка объекта "СЕ (передача)"	K	2	O7.2R2.2-
RO	O7.3	R1.3	-	Компоновка объекта "Деталь"	K	1	O7.3R1.3-
RO	O7.3	R2.3	-	Компоновка объекта "Деталь"	K	2	O7.3R2.3-

Рисунок 4.19 – Спецификации F2 на комплекс задач по расчетам для цилиндрических зубчатых передач (до интеграции)

Описание статической составляющей локальной концептуальной модели включает:

- диаграмму, описывающую концептуальную структуру (Рисунок 4.20);
- спецификацию F1 (Рисунок 4.21);
- спецификацию F2 (Рисунок 4.22 – 4.23).

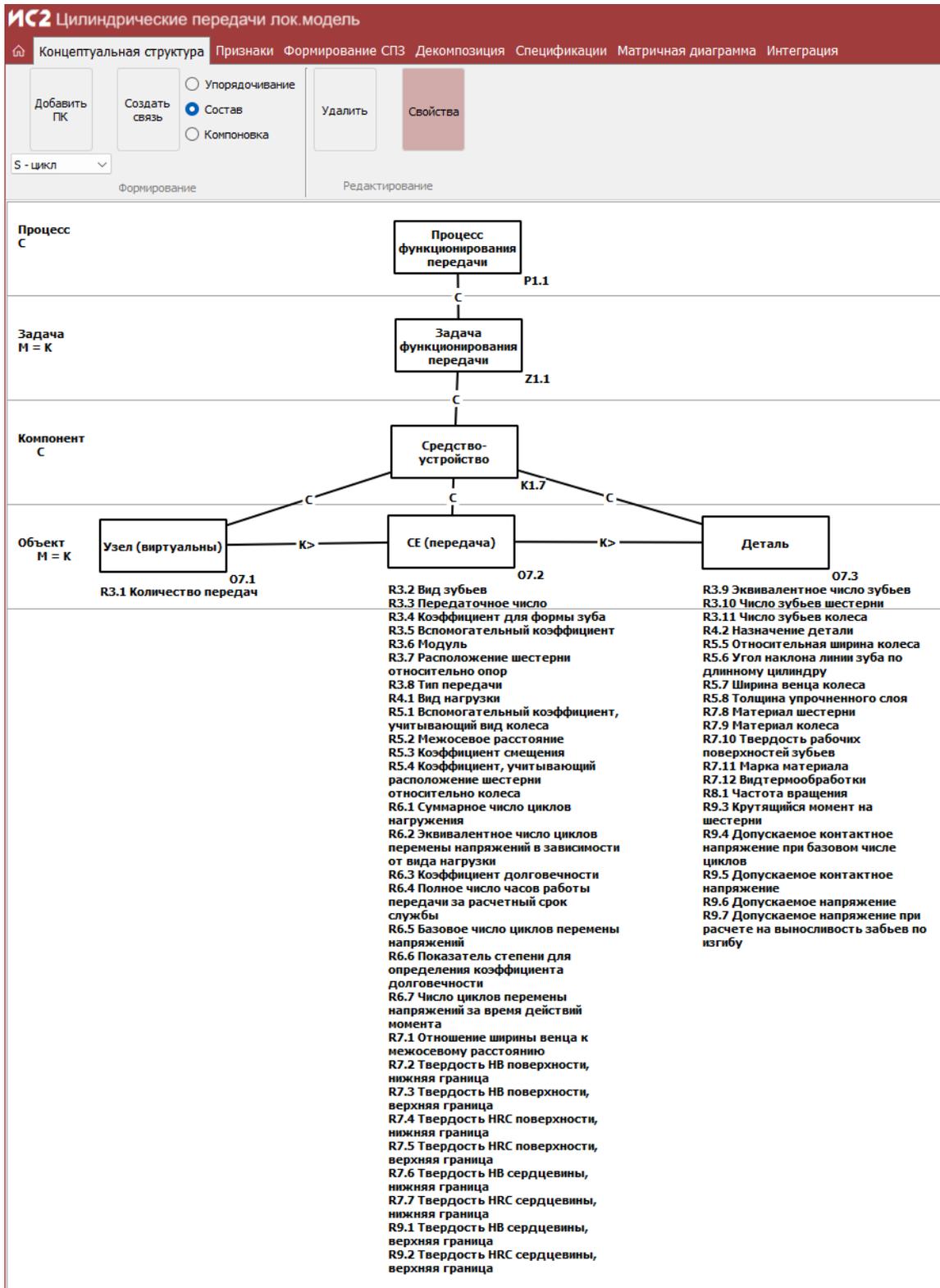


Рисунок 4.20 – Концептуальная структура, описывающая задачу по проектировочному расчету для цилиндрических зубчатых передач

ИС2 Цилиндрические передачи лок. модель					
Концептуальная структура Признаки Формирование СПЗ Декомпозиция Спецификации Матричная диаграмма					
Форма F1		Форма F2	Форма F3	Форма F4	Форма F6
Класс	Код	Наименование	Тип	Статус	Оценка
P	P1.1	Процесс функционирования передачи	T	P	
Z	Z1.1	Задача функционирования передачи	T	P	
K	K1.7	Средство-устройство	T	P	
O	O7.1	Узел (виртуальный)	NT	P	
O	O7.2	СЕ (передача)	NT	P	
O	O7.3	Деталь	T	P	
R	R3.1	Количество передач	T	P	
R	R3.2	Вид зубьев	T	P	
R	R3.3	Передаточное число	T	P	
R	R3.4	Коэффициент для формы зуба	T	P	
R	R3.5	Вспомогательный коэффициент	T	P	
R	R3.6	Модуль	T	P	
R	R3.7	Расположение шестерни относительно опор	T	P	
R	R3.8	Тип передачи	T	P	
R	R3.9	Эквивалентное число зубьев	T	P	
R	R3.10	Число зубьев шестерни	T	P	
R	R3.11	Число зубьев колеса	T	P	
R	R4.1	Вид нагрузки	T	P	
R	R4.2	Назначение детали	T	P	
R	R5.1	Вспомогательный коэффициент, учитывающий вид колеса	T	P	
R	R5.2	Межосевое расстояние	T	P	
R	R5.3	Коэффициент смещения	T	P	
R	R5.4	Коэффициент, учитывающий расположение шестерни относительно колеса	T	P	
R	R5.5	Относительная ширина колеса	T	P	
R	R5.6	Угол наклона линии зуба по длинному цилиндру	T	P	
R	R5.7	Ширина венца колеса	T	P	
R	R5.8	Толщина упроченного слоя	T	P	
R	R6.1	Суммарное число циклов нагружения	T	P	
R	R6.2	Эквивалентное число циклов перемены напряжений в зависимости от вида нагрузки	T	P	
R	R6.3	Коэффициент долговечности	T	P	
R	R6.4	Полное число часов работы передачи за расчетный срок службы	T	P	
R	R6.5	Базовое число циклов перемены напряжений	T	P	
R	R6.6	Показатель степени для определения коэффициента долговечности	T	P	
R	R6.7	Число циклов перемены напряжений за время действий момента	T	P	
R	R7.1	Отношение ширины венца к межосевому расстоянию	T	P	
R	R7.2	Твердость HB поверхности, нижняя граница	T	P	
R	R7.3	Твердость HB поверхности, верхняя граница	T	P	
R	R7.4	Твердость HRC поверхности, нижняя граница	T	P	
R	R7.5	Твердость HRC поверхности, верхняя граница	T	P	
R	R7.6	Твердость HB сердцевины, нижняя граница	T	P	
R	R7.9	Материал колеса	T	P	
R	R7.8	Материал шестерни	T	P	
R	R7.9	Материал колеса	T	P	
R	R7.10	Твердость рабочих поверхностей зубьев	T	P	
R	R7.11	Марка материала	T	P	
R	R7.12	Видтермообработки	T	P	
R	R8.1	Частота вращения	T	P	
R	R9.1	Твердость HB сердцевины, верхняя граница	T	P	
R	R9.2	Твердость HRC сердцевины, верхняя граница	T	P	
R	R9.3	Крутящийся момент на шестерни	T	P	
R	R9.4	Допускаемое контактное напряжение при базовом числе циклов	T	P	
R	R9.5	Допускаемое контактное напряжение	T	P	
R	R9.6	Допускаемое напряжение	T	P	
R	R9.7	Допускаемое напряжение при расчете на выносливость зубьев по изгибу	T	P	

Рисунок 4.21 – Спецификация F1 в рамках задачи по проектировочному расчету для цилиндрических зубчатых передач

ИС2 Цилиндрические передачи лок. модель							
Концептуальная структура Признаки Формирование СПЗ Декомпозиция Спецификации Матричная диаграмма							
Форма F1		Форма F2		Форма F3		Форма F6	
Класс	Код ПК1	Код ПК2	Код ПК3	Наименование	Вид	Оценка	Код
PZ	P1.1	Z1.1	-	Состав процесса "Процесс функционирования передачи"	C	99	P1.1Z1.1-
ZK	Z1.1	K1.7	-	Состав задачи "Задача функционирования передачи"	C	1	Z1.1K1.7-
KO	K1.7	O7.1	-	Состав компонента "Средство-устройство"	C	99	K1.7O7.1-
KO	K1.7	O7.2	-	Состав компонента "Средство-устройство"	C	99	K1.7O7.2-
KO	K1.7	O7.3	-	Состав компонента "Средство-устройство"	C	99	K1.7O7.3-
OK	K1.7	O7.1	O7.2	Компоновка компонента "Средство-устройство"	K	99	K1.7O7.1O7.2
OK	K1.7	O7.2	O7.3	Компоновка компонента "Средство-устройство"	K	99	K1.7O7.2O7.3
OR	O7.1	R3.1	-	Состав объекта "Узел (виртуальный)"	C	1	O7.1R3.1-
OR	O7.2	R3.2	-	Состав объекта "СЕ (передача)"	C	1	O7.2R3.2-
OR	O7.2	R3.3	-	Состав объекта "СЕ (передача)"	C	1	O7.2R3.3-
OR	O7.2	R3.4	-	Состав объекта "СЕ (передача)"	C	1	O7.2R3.4-
OR	O7.2	R3.5	-	Состав объекта "СЕ (передача)"	C	1	O7.2R3.5-
OR	O7.2	R3.6	-	Состав объекта "СЕ (передача)"	C	1	O7.2R3.6-
OR	O7.2	R3.7	-	Состав объекта "СЕ (передача)"	C	1	O7.2R3.7-
OR	O7.2	R3.8	-	Состав объекта "СЕ (передача)"	C	1	O7.2R3.8-
OR	O7.2	R4.1	-	Состав объекта "СЕ (передача)"	C	1	O7.2R4.1-
OR	O7.2	R5.1	-	Состав объекта "СЕ (передача)"	C	1	O7.2R5.1-
OR	O7.2	R5.2	-	Состав объекта "СЕ (передача)"	C	1	O7.2R5.2-
OR	O7.2	R5.3	-	Состав объекта "СЕ (передача)"	C	1	O7.2R5.3-
OR	O7.2	R5.4	-	Состав объекта "СЕ (передача)"	C	1	O7.2R5.4-
OR	O7.2	R6.1	-	Состав объекта "СЕ (передача)"	C	1	O7.2R6.1-
OR	O7.2	R6.2	-	Состав объекта "СЕ (передача)"	C	1	O7.2R6.2-
OR	O7.2	R6.3	-	Состав объекта "СЕ (передача)"	C	1	O7.2R6.3-
OR	O7.2	R6.4	-	Состав объекта "СЕ (передача)"	C	1	O7.2R6.4-
OR	O7.2	R6.5	-	Состав объекта "СЕ (передача)"	C	1	O7.2R6.5-
OR	O7.2	R6.6	-	Состав объекта "СЕ (передача)"	C	1	O7.2R6.6-
OR	O7.2	R6.7	-	Состав объекта "СЕ (передача)"	C	1	O7.2R6.7-
OR	O7.2	R7.1	-	Состав объекта "СЕ (передача)"	C	1	O7.2R7.1-
OR	O7.2	R7.2	-	Состав объекта "СЕ (передача)"	C	1	O7.2R7.2-
OR	O7.2	R7.3	-	Состав объекта "СЕ (передача)"	C	1	O7.2R7.3-
OR	O7.2	R7.4	-	Состав объекта "СЕ (передача)"	C	1	O7.2R7.4-
OR	O7.2	R7.5	-	Состав объекта "СЕ (передача)"	C	1	O7.2R7.5-
OR	O7.2	R7.6	-	Состав объекта "СЕ (передача)"	C	1	O7.2R7.6-
OR	O7.2	R7.7	-	Состав объекта "СЕ (передача)"	C	1	O7.2R7.7-
OR	O7.2	R9.1	-	Состав объекта "СЕ (передача)"	C	1	O7.2R9.1-
OR	O7.2	R9.2	-	Состав объекта "СЕ (передача)"	C	1	O7.2R9.2-
OR	O7.3	R3.9	-	Состав объекта "Деталь"	C	1	O7.3R3.9-
OR	O7.3	R3.10	-	Состав объекта "Деталь"	C	1	O7.3R3.10-
OR	O7.3	R3.11	-	Состав объекта "Деталь"	C	1	O7.3R3.11-
OR	O7.3	R4.2	-	Состав объекта "Деталь"	C	1	O7.3R4.2-
OR	O7.3	R5.5	-	Состав объекта "Деталь"	C	1	O7.3R5.5-
OR	O7.3	R5.6	-	Состав объекта "Деталь"	C	1	O7.3R5.6-
OR	O7.3	R5.7	-	Состав объекта "Деталь"	C	1	O7.3R5.7-

Рисунок 4.22 – Фрагмент №1 спецификации F2 в рамках задачи по проектировочному расчету для цилиндрических зубчатых передач

ИС2 Цилиндрические передачи лок. модель							
Концептуальная структура Признаки Формирование СПЗ Декомпозиция Спецификации Матричная диаграмм							
Форма F1	Форма F2	Форма F3	Форма F4	Форма F6			
OR	07.3	R5.6	-	Состав объекта "Деталь"	C	1	O7.3R5.6-
OR	07.3	R5.7	-	Состав объекта "Деталь"	C	1	O7.3R5.7-
OR	07.3	R5.8	-	Состав объекта "Деталь"	C	1	O7.3R5.8-
OR	07.3	R7.8	-	Состав объекта "Деталь"	C	1	O7.3R7.8-
OR	07.3	R7.9	-	Состав объекта "Деталь"	C	1	O7.3R7.9-
OR	07.3	R7.10	-	Состав объекта "Деталь"	C	1	O7.3R7.10-
OR	07.3	R7.11	-	Состав объекта "Деталь"	C	1	O7.3R7.11-
OR	07.3	R7.12	-	Состав объекта "Деталь"	C	1	O7.3R7.12-
OR	07.3	R8.1	-	Состав объекта "Деталь"	C	1	O7.3R8.1-
OR	07.3	R9.3	-	Состав объекта "Деталь"	C	1	O7.3R9.3-
OR	07.3	R9.4	-	Состав объекта "Деталь"	C	1	O7.3R9.4-
OR	07.3	R9.5	-	Состав объекта "Деталь"	C	1	O7.3R9.5-
OR	07.3	R9.6	-	Состав объекта "Деталь"	C	1	O7.3R9.6-
OR	07.3	R9.7	-	Состав объекта "Деталь"	C	1	O7.3R9.7-
RO	07.1	R3.1	-	Компоновка объекта "Узел (виртуальны)"	K	3	O7.1R3.1-
RO	07.2	R3.2	-	Компоновка объекта "СЕ (передача)"	K	3	O7.2R3.2-
RO	07.2	R3.3	-	Компоновка объекта "СЕ (передача)"	K	4	O7.2R3.3-
RO	07.2	R3.4	-	Компоновка объекта "СЕ (передача)"	K	5	O7.2R3.4-
RO	07.2	R3.5	-	Компоновка объекта "СЕ (передача)"	K	6	O7.2R3.5-
RO	07.2	R3.6	-	Компоновка объекта "СЕ (передача)"	K	7	O7.2R3.6-
RO	07.2	R3.7	-	Компоновка объекта "СЕ (передача)"	K	8	O7.2R3.7-
RO	07.2	R3.8	-	Компоновка объекта "СЕ (передача)"	K	9	O7.2R3.8-
RO	07.2	R4.1	-	Компоновка объекта "СЕ (передача)"	K	10	O7.2R4.1-
RO	07.2	R5.1	-	Компоновка объекта "СЕ (передача)"	K	11	O7.2R5.1-
RO	07.2	R5.2	-	Компоновка объекта "СЕ (передача)"	K	12	O7.2R5.2-
RO	07.2	R5.3	-	Компоновка объекта "СЕ (передача)"	K	13	O7.2R5.3-
RO	07.2	R5.4	-	Компоновка объекта "СЕ (передача)"	K	14	O7.2R5.4-
RO	07.2	R6.1	-	Компоновка объекта "СЕ (передача)"	K	15	O7.2R6.1-
RO	07.2	R6.2	-	Компоновка объекта "СЕ (передача)"	K	16	O7.2R6.2-
RO	07.2	R6.3	-	Компоновка объекта "СЕ (передача)"	K	17	O7.2R6.3-
RO	07.2	R6.4	-	Компоновка объекта "СЕ (передача)"	K	18	O7.2R6.4-
RO	07.2	R6.5	-	Компоновка объекта "СЕ (передача)"	K	19	O7.2R6.5-
RO	07.2	R6.6	-	Компоновка объекта "СЕ (передача)"	K	20	O7.2R6.6-
RO	07.2	R6.7	-	Компоновка объекта "СЕ (передача)"	K	21	O7.2R6.7-
RO	07.2	R7.1	-	Компоновка объекта "СЕ (передача)"	K	22	O7.2R7.1-
RO	07.2	R7.2	-	Компоновка объекта "СЕ (передача)"	K	23	O7.2R7.2-
RO	07.2	R7.3	-	Компоновка объекта "СЕ (передача)"	K	24	O7.2R7.3-
RO	07.2	R7.4	-	Компоновка объекта "СЕ (передача)"	K	25	O7.2R7.4-
RO	07.2	R7.5	-	Компоновка объекта "СЕ (передача)"	K	26	O7.2R7.5-
RO	07.2	R7.6	-	Компоновка объекта "СЕ (передача)"	K	27	O7.2R7.6-
RO	07.2	R7.7	-	Компоновка объекта "СЕ (передача)"	K	28	O7.2R7.7-
RO	07.2	R9.1	-	Компоновка объекта "СЕ (передача)"	K	29	O7.2R9.1-
RO	07.2	R9.2	-	Компоновка объекта "СЕ (передача)"	K	30	O7.2R9.2-
RO	07.3	R3.9	-	Компоновка объекта "Деталь"	K	3	O7.3R3.9-
RO	07.3	R3.10	-	Компоновка объекта "Деталь"	K	4	O7.3R3.10-
RO	07.3	R3.11	-	Компоновка объекта "Деталь"	K	5	O7.3R3.11-
RO	07.3	R4.2	-	Компоновка объекта "Деталь"	K	6	O7.3R4.2-
RO	07.3	R5.5	-	Компоновка объекта "Деталь"	K	7	O7.3R5.5-
RO	07.3	R5.6	-	Компоновка объекта "Деталь"	K	8	O7.3R5.6-
RO	07.3	R5.7	-	Компоновка объекта "Деталь"	K	9	O7.3R5.7-
RO	07.3	R5.8	-	Компоновка объекта "Деталь"	K	10	O7.3R5.8-
RO	07.3	R7.8	-	Компоновка объекта "Деталь"	K	11	O7.3R7.8-
RO	07.3	R7.9	-	Компоновка объекта "Деталь"	K	12	O7.3R7.9-
RO	07.3	R7.10	-	Компоновка объекта "Деталь"	K	13	O7.3R7.10-
RO	07.3	R7.11	-	Компоновка объекта "Деталь"	K	14	O7.3R7.11-
RO	07.3	R7.12	-	Компоновка объекта "Деталь"	K	15	O7.3R7.12-
RO	07.3	R8.1	-	Компоновка объекта "Деталь"	K	16	O7.3R8.1-
RO	07.3	R9.3	-	Компоновка объекта "Деталь"	K	17	O7.3R9.3-
RO	07.3	R9.4	-	Компоновка объекта "Деталь"	K	18	O7.3R9.4-
RO	07.3	R9.5	-	Компоновка объекта "Деталь"	K	19	O7.3R9.5-
RO	07.3	R9.6	-	Компоновка объекта "Деталь"	K	20	O7.3R9.6-
RO	07.3	R9.7	-	Компоновка объекта "Деталь"	K	21	O7.3R9.7-

Рисунок 4.23 – Фрагмент №2 спецификации F2 в рамках задачи по проектировочному расчету для цилиндрических зубчатых передач

Результатом интеграции описаний статических составляющих обобщенной и локальной моделей является описание обновленной обобщенной модели, включающей в себя:

- диаграмму, описывающую концептуальную структуру (Рисунок 4.24);
- спецификацию F1 (Рисунок 4.25);
- спецификацию F2 (Рисунок 4.26 – 4.27).

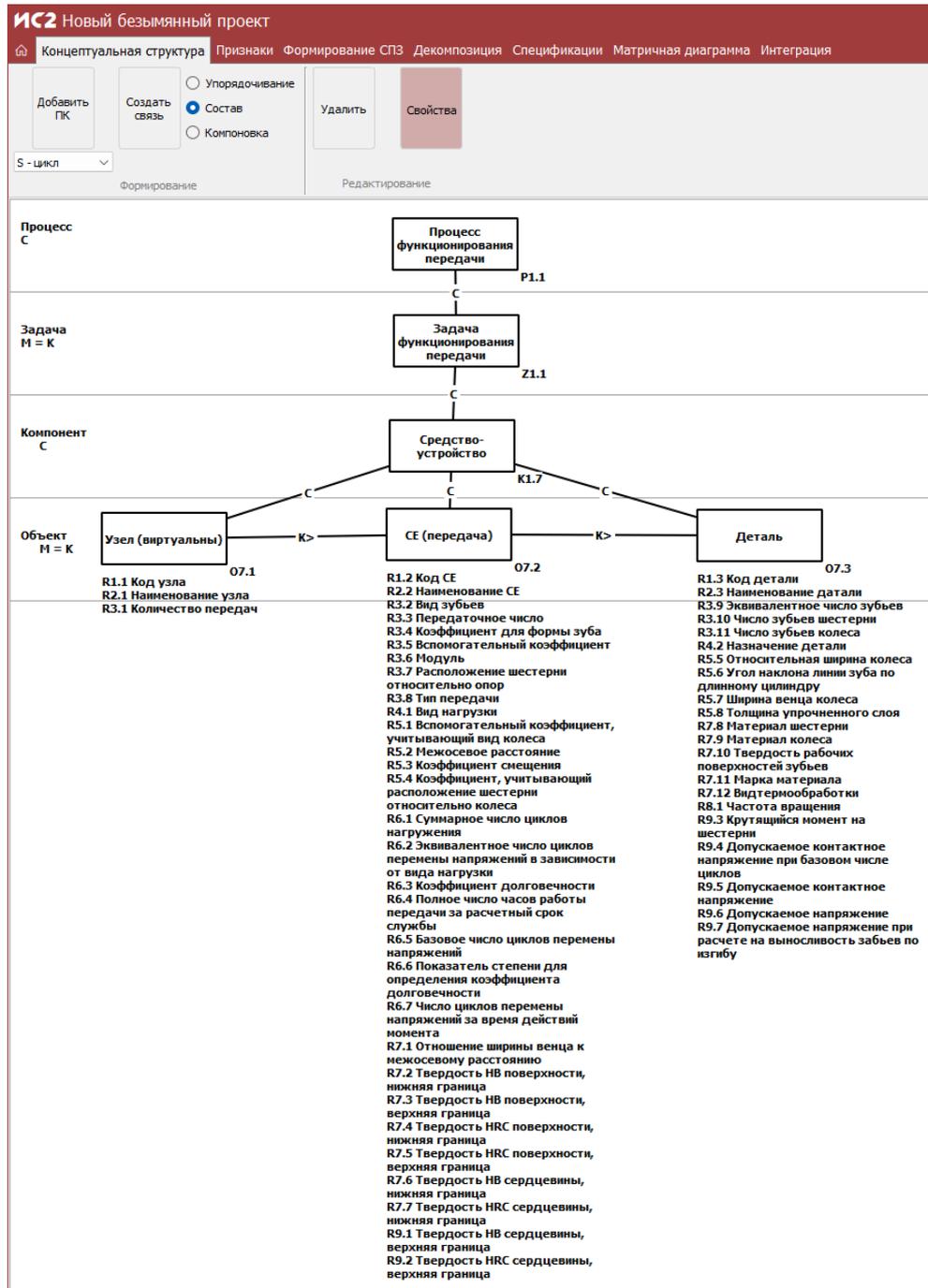


Рисунок 4.24 – Концептуальная структура на комплекс задач по расчетам для цилиндрических зубчатых передач (после интеграции)

Класс	Код	Наименование	Тип	Статус	Оценка
P	P1.1	Процесс функционирования передачи	T	P	
Z	Z1.1	Задача функционирования передачи	T	P	
K	K1.7	Средство-устройство	T	P	
O	O7.1	Узел (виртуальны)	NT	P	
O	O7.2	СЕ (передача)	NT	P	
O	O7.3	Деталь	T	P	
R	R1.1	Код узла	T	P	
R	R1.2	Код СЕ	T	P	
R	R1.3	Код детали	T	P	
R	R2.1	Наименование узла	T	P	
R	R2.2	Наименование СЕ	T	P	
R	R2.3	Наименование детали	T	P	
R	R3.1	Количество передач	T	P	
R	R3.2	Вид зубьев	T	P	
R	R3.3	Передачное число	T	P	
R	R3.4	Коэффициент для формы зуба	T	P	
R	R3.5	Вспомогательный коэффициент	T	P	
R	R3.6	Модуль	T	P	
R	R3.7	Расположение шестерни относительно опор	T	P	
R	R3.8	Тип передачи	T	P	
R	R3.9	Эквивалентное число зубьев	T	P	
R	R3.10	Число зубьев шестерни	T	P	
R	R3.11	Число зубьев колеса	T	P	
R	R4.1	Вид нагрузки	T	P	
R	R4.2	Назначение детали	T	P	
R	R5.1	Вспомогательный коэффициент, учитывающий вид колеса	T	P	
R	R5.2	Межосевое расстояние	T	P	
R	R5.3	Коэффициент смещения	T	P	
R	R5.4	Коэффициент, учитывающий расположение шестерни относительно колеса	T	P	
R	R5.5	Относительная ширина колеса	T	P	
R	R5.6	Угол наклона линии зуба по длинному цилиндру	T	P	
R	R5.7	Ширина венца колеса	T	P	
R	R5.8	Толщина упрочненного слоя	T	P	
R	R6.1	Суммарное число циклов нагружения	T	P	
R	R6.2	Эквивалентное число циклов перемены напряжений в зависимости от вида нагрузки	T	P	
R	R6.3	Коэффициент долговечности	T	P	
R	R6.4	Полное число часов работы передачи за расчетный срок службы	T	P	
R	R6.5	Базовое число циклов перемены напряжений	T	P	
R	R6.6	Показатель степени для определения коэффициента долговечности	T	P	
R	R6.7	Число циклов перемены напряжений за время действия момента	T	P	
R	R7.1	Отношение ширины венца к межосевому расстоянию	T	P	
R	R7.2	Твердость HB поверхности, нижняя граница	T	P	
R	R7.3	Твердость HB поверхности, верхняя граница	T	P	
R	R7.4	Твердость HRC поверхности, нижняя граница	T	P	
R	R7.5	Твердость HRC поверхности, верхняя граница	T	P	
R	R7.6	Твердость HB сердцевины, нижняя граница	T	P	
R	R7.7	Твердость HRC сердцевины, нижняя граница	T	P	
R	R7.8	Материал шестерни	T	P	
R	R7.9	Материал колеса	T	P	
R	R7.10	Твердость рабочих поверхностей зубьев	T	P	
R	R7.11	Марка материала	T	P	
R	R7.12	Вид термообработки	T	P	
R	R8.1	Частота вращения	T	P	
R	R9.1	Твердость HB сердцевины, верхняя граница	T	P	
R	R9.2	Твердость HRC сердцевины, верхняя граница	T	P	
R	R9.3	Крутящийся момент на шестерни	T	P	
R	R9.4	Допускаемое контактное напряжение при базовом числе циклов	T	P	
R	R9.5	Допускаемое контактное напряжение	T	P	
R	R9.6	Допускаемое напряжение	T	P	
R	R9.7	Допускаемое напряжение при расчете на выносливость зубьев по изгибу	T	P	

Рисунок 4.25 – Спецификации F1 на комплекс задач по расчетам для цилиндрических зубчатых передач (после интеграции)

ИС2 Цилиндрические передачи об. модель								
Концептуальная структура Признаки Формирование СПЗ Декомпозиция Спецификации Матричная диаграмма Интеграция								
Форма F1	Форма F2	Форма F3	Форма F4	Форма F6				
Класс	Код ПК1	Код ПК2	Код ПК3	Наименование	Вид	Оценка	Код	
PZ	P1.1	Z1.1	-	Состав процесса "Процесс функционирования передачи"	С	99	P1.1Z1.1-	
ZK	Z1.1	K1.7	-	Состав задачи "Задача функционирования передачи"	С	1	Z1.1K1.7-	
KO	K1.7	O7.1	-	Состав компонента "Средство-устройство"	С	99	K1.7O7.1-	
KO	K1.7	O7.2	-	Состав компонента "Средство-устройство"	С	99	K1.7O7.2-	
KO	K1.7	O7.3	-	Состав компонента "Средство-устройство"	С	99	K1.7O7.3-	
OK	K1.7	O7.1	O7.2	Компоновка компонента "Средство-устройство"	К	99	K1.7O7.1O7.2	
OK	K1.7	O7.2	O7.3	Компоновка компонента "Средство-устройство"	К	99	K1.7O7.2O7.3	
OR	O7.1	R1.1	-	Состав объекта "Узел (виртуальный)"	С	1	O7.1R1.1-	
OR	O7.1	R2.1	-	Состав объекта "Узел (виртуальный)"	С	1	O7.1R2.1-	
OR	O7.1	R3.1	-	Состав объекта "Узел (виртуальный)"	С	1	O7.1R3.1-	
OR	O7.2	R1.2	-	Состав объекта "СЕ (передача)"	С	1	O7.2R1.2-	
OR	O7.2	R2.2	-	Состав объекта "СЕ (передача)"	С	1	O7.2R2.2-	
OR	O7.2	R3.2	-	Состав объекта "СЕ (передача)"	С	1	O7.2R3.2-	
OR	O7.2	R3.3	-	Состав объекта "СЕ (передача)"	С	1	O7.2R3.3-	
OR	O7.2	R3.4	-	Состав объекта "СЕ (передача)"	С	1	O7.2R3.4-	
OR	O7.2	R3.5	-	Состав объекта "СЕ (передача)"	С	1	O7.2R3.5-	
OR	O7.2	R3.6	-	Состав объекта "СЕ (передача)"	С	1	O7.2R3.6-	
OR	O7.2	R3.7	-	Состав объекта "СЕ (передача)"	С	1	O7.2R3.7-	
OR	O7.2	R3.8	-	Состав объекта "СЕ (передача)"	С	1	O7.2R3.8-	
OR	O7.2	R4.1	-	Состав объекта "СЕ (передача)"	С	1	O7.2R4.1-	
OR	O7.2	R5.1	-	Состав объекта "СЕ (передача)"	С	1	O7.2R5.1-	
OR	O7.2	R5.2	-	Состав объекта "СЕ (передача)"	С	1	O7.2R5.2-	
OR	O7.2	R5.3	-	Состав объекта "СЕ (передача)"	С	1	O7.2R5.3-	
OR	O7.2	R5.4	-	Состав объекта "СЕ (передача)"	С	1	O7.2R5.4-	
OR	O7.2	R6.1	-	Состав объекта "СЕ (передача)"	С	1	O7.2R6.1-	
OR	O7.2	R6.2	-	Состав объекта "СЕ (передача)"	С	1	O7.2R6.2-	
OR	O7.2	R6.3	-	Состав объекта "СЕ (передача)"	С	1	O7.2R6.3-	
OR	O7.2	R6.4	-	Состав объекта "СЕ (передача)"	С	1	O7.2R6.4-	
OR	O7.2	R6.5	-	Состав объекта "СЕ (передача)"	С	1	O7.2R6.5-	
OR	O7.2	R6.6	-	Состав объекта "СЕ (передача)"	С	1	O7.2R6.6-	
OR	O7.2	R6.7	-	Состав объекта "СЕ (передача)"	С	1	O7.2R6.7-	
OR	O7.2	R7.1	-	Состав объекта "СЕ (передача)"	С	1	O7.2R7.1-	
OR	O7.2	R7.2	-	Состав объекта "СЕ (передача)"	С	1	O7.2R7.2-	
OR	O7.2	R7.3	-	Состав объекта "СЕ (передача)"	С	1	O7.2R7.3-	
OR	O7.2	R7.4	-	Состав объекта "СЕ (передача)"	С	1	O7.2R7.4-	
OR	O7.2	R7.5	-	Состав объекта "СЕ (передача)"	С	1	O7.2R7.5-	
OR	O7.2	R7.6	-	Состав объекта "СЕ (передача)"	С	1	O7.2R7.6-	
OR	O7.2	R7.7	-	Состав объекта "СЕ (передача)"	С	1	O7.2R7.7-	
OR	O7.2	R9.1	-	Состав объекта "СЕ (передача)"	С	1	O7.2R9.1-	
OR	O7.2	R9.2	-	Состав объекта "СЕ (передача)"	С	1	O7.2R9.2-	
OR	O7.3	R1.3	-	Состав объекта "Деталь"	С	1	O7.3R1.3-	
OR	O7.3	R2.3	-	Состав объекта "Деталь"	С	1	O7.3R2.3-	
OR	O7.3	R3.9	-	Состав объекта "Деталь"	С	1	O7.3R3.9-	
OR	O7.3	R3.10	-	Состав объекта "Деталь"	С	1	O7.3R3.10-	
OR	O7.3	R3.11	-	Состав объекта "Деталь"	С	1	O7.3R3.11-	
OR	O7.3	R4.2	-	Состав объекта "Деталь"	С	1	O7.3R4.2-	
OR	O7.3	R5.5	-	Состав объекта "Деталь"	С	1	O7.3R5.5-	
OR	O7.3	R5.6	-	Состав объекта "Деталь"	С	1	O7.3R5.6-	
OR	O7.3	R5.7	-	Состав объекта "Деталь"	С	1	O7.3R5.7-	
OR	O7.3	R5.8	-	Состав объекта "Деталь"	С	1	O7.3R5.8-	
OR	O7.3	R7.8	-	Состав объекта "Деталь"	С	1	O7.3R7.8-	
OR	O7.3	R7.9	-	Состав объекта "Деталь"	С	1	O7.3R7.9-	
OR	O7.3	R7.10	-	Состав объекта "Деталь"	С	1	O7.3R7.10-	
OR	O7.3	R7.11	-	Состав объекта "Деталь"	С	1	O7.3R7.11-	
OR	O7.3	R7.12	-	Состав объекта "Деталь"	С	1	O7.3R7.12-	
OR	O7.3	R8.1	-	Состав объекта "Деталь"	С	1	O7.3R8.1-	
OR	O7.3	R9.3	-	Состав объекта "Деталь"	С	1	O7.3R9.3-	
OR	O7.3	R9.4	-	Состав объекта "Деталь"	С	1	O7.3R9.4-	
OR	O7.3	R9.5	-	Состав объекта "Деталь"	С	1	O7.3R9.5-	
OR	O7.3	R9.6	-	Состав объекта "Деталь"	С	1	O7.3R9.6-	

Рисунок 4.26 – Фрагмент №1 спецификации F2 на комплекс задач по расчетам для цилиндрических зубчатых передач (после интеграции)

ИС2 Цилиндрические передачи об. модель							
Концептуальная структура Признаки Формирование СПЗ Декомпозиция Спецификации Матричная диаграмма Интеграция							
Форма F1	Форма F2	Форма F3	Форма F4	Форма F6			
OR	07.3	R9.6	-	Состав объекта "Деталь"	С	1	07.3R9.6-
OR	07.3	R9.7	-	Состав объекта "Деталь"	С	1	07.3R9.7-
RO	07.1	R1.1	-	Компоновка объекта "Узел (виртуальный)"	К	1	07.1R1.1-
RO	07.1	R2.1	-	Компоновка объекта "Узел (виртуальный)"	К	2	07.1R2.1-
RO	07.1	R3.1	-	Компоновка объекта "Узел (виртуальный)"	К	3	07.1R3.1-
RO	07.2	R1.2	-	Компоновка объекта "СЕ (передача)"	К	1	07.2R1.2-
RO	07.2	R2.2	-	Компоновка объекта "СЕ (передача)"	К	2	07.2R2.2-
RO	07.2	R3.2	-	Компоновка объекта "СЕ (передача)"	К	3	07.2R3.2-
RO	07.2	R3.3	-	Компоновка объекта "СЕ (передача)"	К	4	07.2R3.3-
RO	07.2	R3.4	-	Компоновка объекта "СЕ (передача)"	К	5	07.2R3.4-
RO	07.2	R3.5	-	Компоновка объекта "СЕ (передача)"	К	6	07.2R3.5-
RO	07.2	R3.6	-	Компоновка объекта "СЕ (передача)"	К	7	07.2R3.6-
RO	07.2	R3.7	-	Компоновка объекта "СЕ (передача)"	К	8	07.2R3.7-
RO	07.2	R3.8	-	Компоновка объекта "СЕ (передача)"	К	9	07.2R3.8-
RO	07.2	R4.1	-	Компоновка объекта "СЕ (передача)"	К	10	07.2R4.1-
RO	07.2	R5.1	-	Компоновка объекта "СЕ (передача)"	К	11	07.2R5.1-
RO	07.2	R5.2	-	Компоновка объекта "СЕ (передача)"	К	12	07.2R5.2-
RO	07.2	R5.3	-	Компоновка объекта "СЕ (передача)"	К	13	07.2R5.3-
RO	07.2	R5.4	-	Компоновка объекта "СЕ (передача)"	К	14	07.2R5.4-
RO	07.2	R6.1	-	Компоновка объекта "СЕ (передача)"	К	15	07.2R6.1-
RO	07.2	R6.2	-	Компоновка объекта "СЕ (передача)"	К	16	07.2R6.2-
RO	07.2	R6.3	-	Компоновка объекта "СЕ (передача)"	К	17	07.2R6.3-
RO	07.2	R6.4	-	Компоновка объекта "СЕ (передача)"	К	18	07.2R6.4-
RO	07.2	R6.5	-	Компоновка объекта "СЕ (передача)"	К	19	07.2R6.5-
RO	07.2	R6.6	-	Компоновка объекта "СЕ (передача)"	К	20	07.2R6.6-
RO	07.2	R6.7	-	Компоновка объекта "СЕ (передача)"	К	21	07.2R6.7-
RO	07.2	R7.2	-	Компоновка объекта "СЕ (передача)"	К	22	07.2R7.2-
RO	07.2	R7.3	-	Компоновка объекта "СЕ (передача)"	К	23	07.2R7.3-
RO	07.2	R7.4	-	Компоновка объекта "СЕ (передача)"	К	24	07.2R7.4-
RO	07.2	R7.5	-	Компоновка объекта "СЕ (передача)"	К	25	07.2R7.5-
RO	07.2	R7.6	-	Компоновка объекта "СЕ (передача)"	К	26	07.2R7.6-
RO	07.2	R7.7	-	Компоновка объекта "СЕ (передача)"	К	27	07.2R7.7-
RO	07.2	R9.1	-	Компоновка объекта "СЕ (передача)"	К	28	07.2R9.1-
RO	07.2	R9.2	-	Компоновка объекта "СЕ (передача)"	К	29	07.2R9.2-
RO	07.3	R1.3	-	Компоновка объекта "Деталь"	К	1	07.3R1.3-
RO	07.3	R2.3	-	Компоновка объекта "Деталь"	К	2	07.3R2.3-
RO	07.3	R3.9	-	Компоновка объекта "Деталь"	К	3	07.3R3.9-
RO	07.3	R3.10	-	Компоновка объекта "Деталь"	К	4	07.3R3.10-
RO	07.3	R3.11	-	Компоновка объекта "Деталь"	К	5	07.3R3.11-
RO	07.3	R4.2	-	Компоновка объекта "Деталь"	К	6	07.3R4.2-
RO	07.3	R5.5	-	Компоновка объекта "Деталь"	К	7	07.3R5.5-
RO	07.3	R5.6	-	Компоновка объекта "Деталь"	К	8	07.3R5.6-
RO	07.3	R5.7	-	Компоновка объекта "Деталь"	К	9	07.3R5.7-
RO	07.3	R5.8	-	Компоновка объекта "Деталь"	К	10	07.3R5.8-
RO	07.3	R7.1	-	Компоновка объекта "Деталь"	К	11	07.3R7.1-
RO	07.3	R7.8	-	Компоновка объекта "Деталь"	К	12	07.3R7.8-
RO	07.3	R7.9	-	Компоновка объекта "Деталь"	К	13	07.3R7.9-
RO	07.3	R7.10	-	Компоновка объекта "Деталь"	К	14	07.3R7.10-
RO	07.3	R7.11	-	Компоновка объекта "Деталь"	К	15	07.3R7.11-
RO	07.3	R7.12	-	Компоновка объекта "Деталь"	К	16	07.3R7.12-
RO	07.3	R8.1	-	Компоновка объекта "Деталь"	К	17	07.3R8.1-
RO	07.3	R9.3	-	Компоновка объекта "Деталь"	К	18	07.3R9.3-
RO	07.3	R9.4	-	Компоновка объекта "Деталь"	К	19	07.3R9.4-
RO	07.3	R9.5	-	Компоновка объекта "Деталь"	К	20	07.3R9.5-
RO	07.3	R9.6	-	Компоновка объекта "Деталь"	К	21	07.3R9.6-
RO	07.3	R9.7	-	Компоновка объекта "Деталь"	К	22	07.3R9.7-

Рисунок 4.27 – Фрагмент №2 спецификации F2 на комплекс задач по расчетам для цилиндрических зубчатых передач (после интеграции)

В приложении А приведены скриншоты примера работы модулей, поддерживающих методы интеграции табличных и графических описаний моделей для задач, описывающих проектировочный и проверочный расчеты для плоскоременных передач.

Эффективность работы модулей интеграции оценивалась в сокращении временных ресурсов, затрачиваемых при интеграции описаний моделей, сформированных на различных этапах. В таблице 4.1. показано сравнение временных ресурсов, используемых при ручной и при автоматизированной интеграции описаний моделей (начальных, концептуальных, инфологических).

При оценке эффективности были использованы описания моделей систем, автоматизирующих расчет зубчатых и червячных передач. Далее осуществлялась ручная и автоматизированная интеграция описаний моделей:

- для цилиндрической зубчатой передачи, где интегрировались описания проектировочного, геометрического и проверочного расчетов в комплекс расчётов для цилиндрических зубчатых передач;

- для конических зубчатых передач – интеграция описаний проектировочного, геометрического и проверочного расчетов в комплекс расчетов для конических зубчатых передач;

- для червячных передач – интеграция описаний проектировочного, геометрического и проверочного расчетов в комплекс расчетов червячных передач;

- для плоскоременных передач – интеграция описаний проектировочного и проверочного расчетов в комплекс расчетных задач;

- для клиноременных передач – интеграция описаний проектировочного и проверочного расчетов в комплекс расчетных задач.

При этом фиксировалось время, необходимое на интеграцию описаний моделей.

Таблица 4.1 – Сравнение временных ресурсов, затрачиваемых при ручной интеграции описаний моделей и при автоматизированной

Наименование показателей Этап моделирования	Усреднённое время, затрачиваемое при ручной интеграции описаний моделей, участвующих в проведении оценки эффективности	Усреднённое время, затрачиваемое при автоматизированной интеграции описаний моделей, участвующих в проведении оценки эффективности	Сокращение временных ресурсов, затрачиваемых при интеграции описаний моделей ПЗ в КПЗ (разы / %)
Начальное моделирование	~6 часов	~ 2 часа	3 / 200
Концептуальное моделирование	~7 часов	~ 3 часа	2,33 / 133
Инфологическое моделирование	~10 часов	~ 5 часов	2 / 100

При использовании разработанных модулей позволило в среднем в 2,4 раз сократить временной интервал необходимый на интеграцию описаний моделей АС.

4.5 Выводы по четвертой главе

1. Принимая во внимание современные технологии разработки программного обеспечения, в том числе выбранные средства и среду реализации, а также учитывая архитектуру программного комплекса ИС-2, были разработаны модули, поддерживающие методы интеграции графических (диаграмм) и табличных (спецификаций) описаний начальных, концептуальных и инфологических моделей, которые в последующем были интегрированы в общую структуру программного комплекса ИС-2.

2. Разработанные модули позволили в среднем 2,4 раза сократить временные ресурсы, используемые при интеграции описаний моделей задач в единый комплекс ПЗ на этапах предпроектного обследования и проектирования АС.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Выполненные исследования и практическая работа позволили получить следующие выводы и результаты:

1. Диссертация представляет научно-квалификационную работу, в которой содержится решение задачи по повышению эффективности проектирования АС за счет разработки методов и средств их поддержки процесса интеграции описаний моделей (начальных, концептуальных, инфологических) предметных задач, подлежащих автоматизации, имеющих существенное значение для развития системного анализа и информационных технологий.

2. Анализ существующих методологий и методов, базирующихся на структурном или объектно-ориентированном, или когнитивном подходах и позволяющих формировать различные модели, показал, что практически у всех на методологическом (теоретическом) уровне отсутствуют механизмы интеграций моделей, за исключением МАИТ, которая обладает формальным описанием модельных представлений и теоретическим аппаратом, в рамках которого определена возможность интеграции моделей. Анализ инструментальных средств, реализующих методологии и методы моделирования, позволил выявить следующее: только СА ERwin Data Modeler поддерживает интеграцию моделей АС, однако отсутствие общего теоретического описания процесса интеграции моделей не позволяет создать универсальный алгоритм интеграции моделей АС в рамках какой-либо методологии. В связи с чем разработчикам программных продуктов приходится самостоятельно решать задачу интеграции на этапе реализации автоматизированной системы и разрабатывать такие алгоритмы.

3. Выявлены связи между характеристиками локальных и обобщенных моделей, а также разного вида их описаний – графических (диаграмм) и

табличных (спецификаций), что дало возможность разработать методы интеграции моделей и их описаний для проектируемых автоматизированных систем, включая правила и ограничения интеграции описаний.

4. Разработано унифицированное формальное описание элементов и связей моделей автоматизированных систем (начальной, концептуальной и инфологической) и форм их представлений (диаграмм и спецификаций) на основе системного подхода, что позволило показать идентичность процесса интеграции для моделей и их описаний.

5. На основе выявленных связей с учетом разработанного унифицированного формального описания было впервые выполнено формальное описание процедур интеграции для разного вида описаний моделей, что позволило разработать алгоритм интеграции, включающий определение точки слияния обобщенной и локальной моделей (а также соответствующих им описаний), перекодировку полученной структуры.

6. На основе разработанных методов была осуществлена разработка методик интеграции описаний моделей для проектируемых АС, включающих входную и выходную информацию и формы их представления, алгоритмы интеграции описаний, представленных в виде спецификаций и диаграмм, для составляющих различных моделей (начальных, концептуальных, инфологических). Разработанные методики описывают и фиксируют процесс интеграции описаний моделей, формируемых в рамках предпроектного обследования и этапа проектирования АС в соответствии с МАИТ.

7. Разработан набор программных модулей, поддерживающих методы интеграции описаний моделей, формируемых на этапах предпроектного обследования и проектирования АС. Программные модули интегрированы в общую структуру программного комплекса «ИС-2» и включают модули интеграции диаграмм и спецификаций для начальной, концептуальной и инфологической моделей.

8. Предложенные программные решения по интеграции описаний моделей позволили в среднем в 2,4 раза сократить временные ресурсы,

затрачиваемые при интеграции моделей автоматизированных систем в единый комплекс.

9. Методы, методическое обеспечение и программные модули были получены в рамках выполнения инициативного проекта № 17-29-07057 «Разработка методов реструктуризации и интеграции для семантических и синтаксических представлений при создании систем автоматизации процессов проектирования и управления» по гранту РФФИ; были использованы в учебном процессе кафедры информационных технологий и вычислительных систем ФГБОУ ВО «МГТУ «СТАНКИН» при подготовке бакалавров и магистров по направлениям 09.03.01, 09.04.01 «Информатика и вычислительная техника» при выполнении выпускных квалификационных работ и в качестве программных модулей учебно-проектного средства поддержки дисциплин, в деятельности ПАО «Долгопрудненское научно-производственное предприятие».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 34.003-90 Информационная технология. Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Автоматизированные системы. Термины и определения.
2. Соломенцев, Ю.М. Тенденции развития и направления исследований в области информатики. / Ю.М. Соломенцев, Г.Д. Волкова // Производственно-технический журнал «Машиностроитель», №6, 2000 – с.22-24.
3. Новоселова, О.В. Исследование эволюции создания прикладных автоматизированных систем / О.В. Новоселова, Г.Д. Волкова, Ю.М. Соломенцев / Сборник статей Международной научно-практической конференции: Инновации, Технологии, Наука – И: ООО «ОМЕГА САЙНС», 2015 – с. 109-118.
4. ГОСТ Р ИСО/МЭК 12207–02. Информационная технология. Процессы жизненного цикла программных средств.
5. ГОСТ 34.003-90. Автоматизированные системы. Термины и определения.
6. ГОСТ 34.601-90. Автоматизированные системы. Стадии создания.
7. Соломенцев, Ю.М. Представление знаний при автоматизации проектно-конструкторской деятельности / Ю.М. Соломенцев, Г.Д. Волкова // Межотраслевой научно-технический сборник «Техника. Экономика» Сер. «Автоматизация проектирования» – М.: ВИМИ, 1994, вып.4, с.3-6.
8. Волкова, Г.Д. Исследование методологии, методов и подходов, применяемых при проектировании прикладных автоматизированных систем / Г.Д. Волкова, О.Г. Григорьев, О.В. Новоселова // Журнал «Межотраслевая информационная служба» – М.: ФГУП «НТЦ оборонного комплекса «Компас», №4 (47), 2014. — с. 19-31.

9. Соломенцев, Ю.М. Когнитивные технологии в конструкторско-технологической информатике / Ю.М. Соломенцев, Г.Д. Волкова // Журнал «Вестник МГТУ «СТАНКИН» – М.: МГТУ «СТАНКИН», №4, 2008. — с. 132-135.
10. Волкова, Г.Д. Когнитивные технологии в инженерной деятельности / Г.Д. Волкова / Журнал «Вестник МГТУ «СТАНКИН» – М.: МГТУ «СТАНКИН», №4 (12), 2010. — с. 151-157.
11. Tyurbееva, T.B. Modelling of life cycle processes of automated systems / T.B. Tyurbееva, G.D. Volkova, O.G. Grigoriev // NONLINEARITY, New York, Издательство: Nova Science Publishers, Inc. (USA), 2017 – с. 299 – 314.
12. Volkova, G.D. Cognitive technologies for the creation of autoniated systems / G.D. Volkova, YU.M. Solomentsev // NONLINEARITY, New York, Издательство: Nova Science Publishers, Inc. (USA), 2017 – с. 299 – 314.
13. Novoselova, O.V. The process of engineering, technological tasks perforivian modeling and restructuring / O.V. Novoselova, G.D. Volkova, YU.M. Solomentsev // NONLINEARITY, New York, Издательство: Nova Science Publishers, Inc. (USA), 2017 – с. 223 – 238.
14. Волкова, Г.Д. Разработка новых методов и средств формирования и интеграции взаимосвязанных семантических и синтаксических представлений проектно-конструкторских задач с целью повышения эффективности создания САПР машиностроительного назначения, дис. ... д-ра техн. наук: 05.13.12 / Галина Дмитриевна Волкова. – М., 1997. - 608 с.
15. Волкова, Г.Д. Методология автоматизации интеллектуального труда / Г.Д. Волкова. – М.: ЯнусК, 2013. – 104 с.
16. Волкова, Г.Д. Теория и практика автоматизации интеллектуального труда / Г.Д. Волкова. – М.: ЯнусК, 2020. – 104 с.
17. Волкова, Г.Д. Когнитивные технологии создания прикладных автоматизированных систем / Г.Д. Волкова, О.В. Новоселова, Е.Г. Семячкова, Т.Б. Тюрбеева, А.Г. Гаврилов // Журнал «Вестник МГТУ «СТАНКИН» – М.: ФГБОУ ВО «МГТУ «СТАНКИН», №2 (49), 2019. — с. 17-22.

18. Волкова, Г.Д. Методология автоматизации интеллектуального труда. Часть 1 / Г.Д. Волкова // Межотраслевая информационная служба. - 2009. - №1(150). - С.4-30.
19. Волкова, Г.Д. Методология автоматизации интеллектуального труда. Часть 2 / Г.Д. Волкова // Межотраслевая информационная служба. - 2009. - №2(147). - С.9-20.
20. Волкова, Г.Д. Методология автоматизации интеллектуального труда. Часть 3 / Г.Д. Волкова // Межотраслевая информационная служба. - 2009. - №3(148). - С.10-23.
21. Волкова, Г.Д. Методология автоматизации интеллектуального труда. Часть 4 / Г.Д. Волкова // Межотраслевая информационная служба. - 2010. - №4(149). - С.15-30.
22. Новоселова, О.В. Моделирование предметных задач на начальных этапах автоматизации проектной деятельности: учеб. пособие / О.В. Новоселова. – М.: ФГБОУ ВО «МГТУ «СТАНКИН», 2016. – 100 с.: ил.
23. Волкова, Г.Д. Концептуальное моделирование проектных задач: учеб. пособие / Г.Д. Волкова – М.: ФГБОУ ВО «МГТУ «СТАНКИН», 2015.- 117 с.:ил.
24. Волкова, Г.Д. Проектирование автоматизированных систем в машиностроении: учебное пособие. / Г.Д. Волкова, О.В. Новоселова, Е.Г. Семячкова – М.: МГТУ «Станкин», 2002 – 162с.
25. Волкова, Г.Д. Развитие методологии автоматизации интеллектуального труда как теоретической основы создания прикладных автоматизированных систем / Г.Д. Волкова // Информационные технологии и вычислительные системы. – 2006. - №1 – с. 105-117.
26. Володин, Д. А. Разработка метода и средств формирования и развития интегрированной среды поддержки создания САПР машиностроительного назначения: специальность 05.13.12 «Системы автоматизации проектирования (по отраслям)»;: диссертация на

- соискание ученой степени кандидата технических наук / Володин Дмитрий Александрович. – Москва, 2008. – 312 с.
27. Вендров, А.М. CASE-технологии. Современные методы и средства проектирования информационных систем / А.М. Вендров – М.: Финансы и статистика, 1998. – 175 с.
 28. Верников, Г. Основные методологии обследования организаций. Стандарт IDEF0 / Г. Верников / URL: <https://www.cfin.ru/vernikov/idef/idef0.shtml> (дата обращения: 10.10.2021)
 29. Методология функционального моделирования IDEF0: руководящий документ / ПНЦ «Прикладная логистика» – ИПК Издательство стандартов – 2000 – 75 с.
 30. Цуканова, О.А. Методология и инструментарий моделирования бизнес-процессов. / О.А. Цуканова / учебное пособие – СПб.: Университет ИТМО, 2015. – 100 с.
 31. Р 50.1.028-2001 Информационные технологии поддержки жизненного цикла продукции. Методология функционального моделирования.
 32. Штей, А. Методология DFD наряду с нотациями IDEF0 и IDEF3 входит в тройку популярных методологий описания бизнес-процессов. Мы не говорим о современных нотациях eEPC или BPMN, мы говорим о классике. / А. Штей / URL: <https://infostart.ru/1c/articles/1498125/#:~:text=Диаграмма%20поток%20данных%20или%20DFD,доступ.%20Методологию%20DFD%20по%20праву.>
 33. Калянов, Г.Н. CASE. Структурный системный анализ (автоматизация и применение) / Г.Н. Калянов – М. : Лори, 1996. – с.
 34. Калянов, Г.Н. Моделирование, анализ, реорганизация и автоматизация бизнес-процессов / Г.Н. Калянов / Учеб. Пособие – М.: Финансы и статистика, 2006. – 240 с.

35. Кинзябулатов, Р. Что такое DFD (диаграммы потоков данных) / Р. Кинзябулатов / URL: <https://habr.com/ru/company/trinion/blog/340064/> (дата обращения: 10.10.2021).
36. Сыроежкина, М. DFD методология. Нотация, принципы моделирования / М. Сыроежкина / URL: <https://www.nazametku.com/dlia-raboty/dfd-metodologiya-notatsiya-printsipy-model/> (дата обращения: 10.10.2021).
37. Миндалёв, И.В. Моделирование бизнес-процессов / Электронный учебно-методический комплекс для направлений: 09.03.03 (230700.62) «Прикладная информатика», 38.03.05 (080500.62) «Бизнес-информатика» / И.В. Миндалёв / URL: <http://www.kgau.ru/istiki/umk/mbp/index.html> (дата обращения: 10.10.2021).
38. Буч, Г. Язык UML. Руководство пользователя / Г. Буч, Дж. Рамбо, А. Якобсон. - СПб.: Питер, 2004. - 432 с.
39. UML – Systems Engineering Thinking Wiki. / URL: <http://sewiki.ru/UML> (дата обращения: 10.10.2021).
40. Цикл статей по моделированию программных систем. / URL: <http://www.informicus.ru/Default.aspx?SECTION=6&id=73> (дата обращения: 10.10.2021).
41. Мартин, Ф. UML. Основы, 3 е издание. / Ф. Мартин – Пер. с англ. – СПб: Символ Плюс, 2004 – 192 с.
42. Боггс, У. UML и Rational Rose / У. Боггс, М. Боггс. - М.: Издательство «ЛОРИ», 2008. - 580 с.
43. Фёдоров, И. Г. Моделирование бизнес-процессов в нотации BPMN2.0 / И.Г. Фёдоров / Монография, Москва 2013 г. МЭСИ. – 255 стр.
44. Нотация BPMN / URL: https://www.businessstudio.ru/wiki/docs/v4/doku.php/ru/csdesign/bpmodeling/bpmn_notation (дата обращения: 10.10.2021).
45. Что такое нотация моделирования бизнес-процессов. / URL: <https://www.lucidchart.com/pages/ru/bpmn> (дата обращения: 10.10.2021).

46. Дубина, О. Методология моделирования и анализа бизнес-процессов ARIS: достоинства и недостатки / О. Дубина /Сетевые решения / URL: <https://nestor.minsk.by/sr/2005/06/sr50608.html>
47. Каменнова, М. Моделирование бизнеса. Методология ARIS. Практическое руководство. /М. Каменнова, А. Громов, М. Ферапонтов, А. Шматалюк. – М.: Весть-МетаТехнология, 2002. – 333с.
48. Паронджанов В. Д. Как улучшить работу ума: Алгоритмы без программистов — это очень просто! — М.: Дело, 2001. — 360 с. — Илл.: 154.
49. Визуальный язык ДРАКОН / URL: <https://drakon.su/> (дата обращения: 10.10.2021).
50. Business Studio / URL: <https://www.businessstudio.ru/> (дата обращения: 10.10.2021).
51. Обзор функциональных возможностей Business Studio 4.0 / URL: <https://bpmssoft.org/business-studio-4-0/>.
52. Бизнес-Студио / URL: <https://plansys.ru/software/businessstudio>.
53. СА ERwin Data Modeler Workgroup Edition R8 / URL: <http://www.interface.ru/home.asp?artId=27188>.
54. Описание технического программного средства СА ERwin Data Modeler / URL: https://studwood.ru/1698551/informatika/opisanie_tehnicheskogo_programmnogo_sredstva_erwin_data_modeler.
55. ERwin / URL: <https://www.kpms.ru/Automatization/ERwin.htm>.
56. Характеристика инструментального средства AllFusion ERwin Data Modeler (ERwin) / URL: <https://helpiks.org/9-22141.html>.
57. Тощев, А. ERwin и автоматическая генерация кода клиентских приложений / А. Тощев / URL: <http://www.interface.ru/home.asp?artId=2123>.

58. Маклаков, С.В. ВРwin и ERwin. CASE-средства разработки информационных систем / С.В. Маклаков. – М.: ДИАЛОГ-МИФИ, 2001. – 304 с.
59. Visual Modeler. / URL: http://www.citforum.mstu.edu.ru/seminars/cis99/visual_4.shtml.
60. Варианты ценообразования и покупки Visual Studio. / URL: <https://visualstudio.microsoft.com/ru/vs/pricing/?tab=business>.
61. Visual Modeler Tools / URL : <https://user.eng.umd.edu/~austin/nsf-crcd/uml-modeling-tools.html>.
62. Rational Rose. / URL: https://www.kpms.ru/Automatization/Rational_Rose.htm.
63. IBM Rational Rose Modeler. / URL: <http://www.itshop.ru/IBM-Rational/IBM/Rational/Software/IBM/Rational/Rose/Modeler/l3t1i1127>.
64. ELMA – система управления бизнес-процессами и эффективностью. / URL: <https://www.elma-bpm.ru/>.
65. Продукты ELMA. / URL: <https://elma365.com/ru/products/>.
66. Моделирование бизнес процессов с помощью ARIS (express and cloud) – Блог бизнес архитектора. / URL: <https://businessarchitecture.ru/bussiness-modeling-aris/>.
67. ARIS – ценообразование / URL: <https://ariscloud.com/pricing/>.
68. Всяких, Е.И. Практика и проблематика моделирования бизнес-процессов. / Е.И. Всяких, А.Г. Зуева, Б.В. Носков, С.П. Киселев, Е.В. Сидоренко, А.И. Слюсаренко, И.А. Треско (общая редакция – М.: ДМК Пресс; М.: Компания АйТи, – 246 с.: ил. (Серия «ИТ-Экономика»).
69. Скворцов, В.И. Технологические основы использования системы ARIS Toolset 7.0. / В.И. Скворцов – М.: Издательство ДИАЛОГ-МИФИ, 2006 – 288 с.
70. Программа «ИС Дракон» / URL: https://drakon.su/programma_is_drakon.

71. Visio в Microsoft 365 – инструмент для создания схем и блок-схем / URL: <https://www.microsoft.com/ru-ru/microsoft-365/visio/visio-in-microsoft-365>.
72. Гаврилов, А. Г. Программный комплекс «ИС-2» и его особенности / А. Г. Гаврилов, Г. Д. Волкова, О. В. Новоселова // Цифровая экономика: технологии, управление, человеческий капитал: Материалы III всероссийской научно-практической конференции. – 2020. – С. 10-13.
73. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2017618975 Российская Федерация. Программный комплекс ИС-2-У: № 2017616041 : заявл. 23.06.2017 : опублик. 14.08.2017 / А.Г. Гаврилов. заявитель федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный технологический университет «СТАНКИН».
74. Гаврилов, А.Г. Инструмент проектирования информационно-активных систем интегрированная среда «ИС-2» /А.Г. Гаврилов, Г.Д. Волкова, О.В. Новоселова // Материалы пятой международной конференции «Моделирование нелинейных процессов и систем», М: И «Янус-К», 2020 – с.129-130.
75. Гаврилов, А.Г. Разработка средств управления функционированием и конфигурированием интегрированной среды поддержки проектирования прикладных автоматизированных систем (ПАС) / А.Г. Гаврилов, В.П. Максимов // Труды XV научной конференции «Математическое моделирование и информатика», М.: ИЦ ФГБОУ ВПО МГТУ «СТАНКИН», 2013 – с.31-33.
76. Рожкова, О. А. Начальное моделирование в интегрированной среде «ИС-2» для задач проектирования цепных передач/, О. А. Рожкова // Прикладная математика и информатика: современные исследования в области естественных и технических наук: Материалы VI Международной научно-практической конференции (школы-семинара) молодых ученых, Тольятти, 23–25 апреля 2020 года.

77. Рожкова, О. А. Разработка начальной модели для проектных задач с использованием интегрированной среды "ИС-2" (на примере конических зубчатых передач) / О.А. Рожкова // Информационные технологии в моделировании и управлении: подходы, методы, решения: Материалы II Всероссийской научной конференции с международным участием. В 2 частях.
78. Гаврилов, А.Г. Разработка средств управления функционированием интегрированной среды поддержки проектирования прикладных автоматизированных систем (ПАС) / А.Г. Гаврилов // Материалы студенческой научно-практической конференции «Автоматизация и информационные технологии» (АИТ-2013), М.: ФГБОУ ВПО МГТУ «СТАНКИН», 2013 – с. 142-146.
79. Гаврилов, А.Г. Инструментальная среда поддержки процессов создания систем автоматизированного проектирования. / А.Г. Гаврилов, Г.Д. Волкова, О.В. Новоселова // Научно-технический журнал «Информационные технологии в проектировании и производстве», ISSN/Код НЭБ 2073-2597 / 20732597, № 2, 2018г – с.30-36.
80. Гаврилов, А. Г. Разработка визуального графического редактора функциональных и динамических составляющих моделей автоматизированных систем на всех этапах их создания / А.Г. Гаврилов, О.В. Новоселова, Г.Д. Волкова // Журнал «Вестник МГТУ «СТАНКИН» – М.: ФГБОУ ВО «МГТУ «СТАНКИН», №2 (41), 2017. – 136с.: ил. – с. 83-88.
81. Тюрбеева, Т.Б. Концептуальное моделирование процессов жизненного цикла автоматизированных систем / Т.Б. Тюрбеева, Г.Д. Волкова // Технология машиностроения, 2018, №1 – с. 49-55.
82. Волкова, Г.Д. Отображение семантических представлений в синтаксические при создании прикладных автоматизированных систем/ Г.Д. Волкова, Е.Г. Семячкова // Информационные технологии в

проектировании и производстве: Научно-технический журнал./ М: ФГУП «ВИМИ», 2014. №1 – с.25-31.

83. Волкова, Г.Д. Метод отображения семантических статических конструкций в синтаксические при проектировании информационно-активных систем / Г.Д. Волкова, О.В. Новоселова, Е.Г. Семячкова, Т.Б. Тюрбеева // Сборник тезисов четвертой международной конференции «Моделирование нелинейных процессов и систем». Московский Государственный Технологический Университет «СТАНКИН». / М: И «Янус-К», 2019 – с.66-68.
84. Волкова, Г.Д. Метод отображения семантических динамических конструкций в синтаксические при проектировании информационно-активных систем / Г.Д. Волкова, О.В. Новоселова, Е.Г. Семячкова, Т.Б. Тюрбеева // Сборник тезисов четвертой международной конференции «Моделирование нелинейных процессов и систем». Московский Государственный Технологический Университет «СТАНКИН». / М: И «Янус-К», 2019 – с.69-71.
85. Новоселова, О.В. Интеграция модельных представлений, формируемых при разработке автоматизированных систем/О.В. Новоселова, А.С. Сидоров // Перспективы развития технологий обработки и оборудования в машиностроении: сборник научных статей 5-й Всероссийской научно-технической конференции с международным участием (14 февраля 2020 года) / редкол.: Горохов А.А. (отв. Ред.); Юго-Зап. гос. ун-т., Курск: Юго-Зап. гос. ун-т, 2020. – С. 193-195.
86. Сидоров, А.С. Интеграция семантических модельных представлений / А.С. Сидоров // Информационные технологии и автоматизация управления: материалы X Всерос. науч.-практ. конф. студентов, аспирантов, работников образования и промышленности (Омск, 15–16 мая 2019 г.) / Минобрнауки России, ОмГТУ, каф. «АСОИУ»; [отв. ред. А. В. Никонов]. – Омск: Изд-во ОмГТУ, 2019. – С. 100-104.

87. Novoselova, O. Integration of descriptions of conceptual model representations at automation of design tasks / O. Novoselova, A. Sidorov // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2020. – P. 044014. – DOI 10.1088/1757-899X/709/4/044014.
88. Novoselova, O. Integration of descriptions of static structures at automation of design tasks / O. Novoselova, A. Sidorov // MATEC Web of Conferences, 2021. – P. 03065. – <https://doi.org/10.1051/matecconf/202134603065>.
89. Novoselova, O. Integration of descriptions of infological model representations at automation of design tasks / O. Novoselova, A. Sidorov // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2020. – P. 052028. – DOI 10.1088/1757-899X/971/4/052028.
90. Новоселова, О.В. Интеграция описаний инфологических модельных представлений / О.В. Новоселова, А.С. Сидоров // Наука сегодня: вызовы и перспективы Материалы международной научно-практической конференции. Издательство: Общество с ограниченной ответственностью «Маркер», 2020. – С. 74-77.
91. Novoselova, O. Integration of descriptions of infological model representations at automation of design tasks / O. Novoselova, A. Sidorov // AIP Conference Proceedings, 2022. – P. 050089 – <https://doi.org/10.1063/5.0106101>.
92. Волкова, Г.Д. Модель данных на гипердоменах: предпосылки, обоснование, формальное описание / Г.Д. Волкова, О.Н. Григорьев // Искусственный интеллект и принятие решений, №4, 2011. – М.: ИСА РАН, 2011. – С. 14-38.
93. Еремин, Г.В. Процесс интеграции описаний функциональных компонент, представленных в виде спецификаций / Г.В. Еремин // Материалы студенческой научно-практической конференции «Автоматизация и информационные технологии (АИТ-2018)» Сборник тезисов. – М.: МГТУ «СТАНКИН», 2017.

94. Еремин, Г.В. Процесс интеграции информационных описаний процесса решения задачи в виде спецификаций / Г.В. Еремин, О.В. Новоселова // Сборник научных статей IV научно-практической международной конференции (школы-семинара) молодых ученых: в двух частях. – Тольятти: Издатель Качалин Александр Васильевич, 2018. – С. 39-43.
95. Еремин, Г. В. Интеграция описаний процесса решения задачи в виде спецификаций / Г.В. Еремин // Сборник материалов I Всероссийской научной конференции «Информационные технологии в моделировании и управлении: подходы, методы, решения»: 12-14 декабря 2017 г. В двух частях. Ч 1. Тольятти, 2017 г.– С. 362-368.
96. Сидоров, А.С. Интеграция описаний процессов, представленных в виде спецификаций, на этапе концептуального моделирования / А.С. Сидоров // «Прикладная математика и информатика: современные исследования в области естественных и технических наук»: VI Международная научно-практическая конференция (школа-семинар) молодых ученых (Тольятти, 23–25 апреля 2020 года): сборник трудов / отв. за вып. В.Ф. Глазова. – Тольятти: Изд-во ТГУ, 2020. – С. 294-297.
97. Сидоров, А.С. Интеграция описаний динамических составляющих концептуальных модельных представлений /А.С. Сидоров // Информационные технологии в моделировании и управлении: подходы, методы, решения: Сборник научных статей II Всероссийской научной конференции с международным участием: 22-24 апреля 2019 г. В двух частях. – Тольятти: Издатель Качалин Александр Васильевич, 2019. – С. 570-576.
98. Бычкова, Н.А. Разработка метода и инструментальных средств визуального моделирования и документирования системы знаний предметных задач при проектировании САПР машиностроительного назначения, дис. канд-та. техн. наук: 05.13.12 / Бычкова Наталья Александровна. – М., 2006. - 275 с.

99. Сидоров, А.С. Интеграция описаний функциональных составляющих, представленных в виде диаграмм предметных действий / А.С. Сидоров // Информационные технологии в проектировании и производстве: Науч.-техн. Журн. /ФГУП «НТЦ оборонного комплекса «Компас», – 2018 – № 3(171). – С. 66-70.
100. Сидоров, А.С. Процесс интеграции функциональных компонент, представленных в виде диаграмм предметных действий / А.С. Сидоров // Материалы 1-го тура Международной студенческой научно-практической конференции «Автоматизация и информационные технологии» (АИТ-2017). Сборник докладов института информационных систем и технологий. Под общей редакцией д.т.н., проф. Позднеева Б.М. – М.: МГТУ «Станкин», 2017. – С. 96.
101. Сидоров, А.С. Интеграция диаграмм предметных действий / А.С. Сидоров // Материалы 1-го тура Международной студенческой научно-практической конференции «Автоматизация и информационные технологии» (АИТ-2018). Сборник докладов института информационных систем и технологий. Под общей редакцией д.т.н., проф. Позднеева Б.М. – М.: МГТУ «Станкин», 2018. – С. 108.
102. Новоселова, О.В. Интеграция описаний процесса выполнения предметных задач / О.В. Новоселова, А.С. Сидоров // Информационные технологии в моделировании и управлении: подходы, методы, решения: Сборник научных статей I Всероссийской научной конференции: 12-14 декабря 2017 г. В двух частях. – Тольятти: Издатель Качалин Александр Васильевич, 2017. – С. 439-446.
103. Новоселова, О.В. Интеграция статических структур на этапе концептуального моделирования / О.В. Новоселова, А.С. Сидоров // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Технические науки. – 2021. – № 4(60). – С. 26-33 DOI:10.21685/2072-3059-2021-4-2.
104. Новоселова, О.В. Интеграция основных статических структур на этапе инфологического моделирования / О.В. Новоселова, А.С. Сидоров //

Вестник Воронежского государственного технического университета. – 2022. – Т. 18. № 1. – С. 73-78 DOI 10.36622/VSTU.2022.18.1.008.

105. Сидоров, А.С. Особенности визуализации диаграммы в интегрированной среде, поддерживающей МАИТ / А.С. Сидоров // Материалы первого тура студенческой научно-практической конференции «Автоматизация и информационные технологии (АИТ-2016)». Факультет информационных технологий и систем управления. Сборник тезисов докладов. Том 3. Секция «Информационные технологии и вычислительные системы» - М.: ФГБОУ ВО «МГТУ «Станкин», 2016. – С. 128-131.
106. Бердюгин А.В., Тестирование алгоритма интеграции описаний процессов для концептуальных моделей (на примере конических передач) / А.В. Бердюгин, О.А. Рожкова, А.С. Сидоров // Информационные технологии в моделировании и управлении: подходы, методы, решения: IV Всероссийская научная конференция с международным участием: сборник материалов 20–22 апреля 2021 года). Тольятти –: Изд-во ТГУ, 2021, 199-206.
107. Щукин, М.В. Разработка метода и средств поддержки аналитической обработки, визуализации и документирования концептуальных представлений при проектировании САПР машиностроительного назначения, дис. канд-та. техн. наук: 05.13.12 / Щукин Максим Владимирович. – М., 2003. - 346 с.
108. Волкова, Г.Д. Володин Д.А. Особенности разработки средств поддержки управления проектами при создании САПР машиностроительного назначения. / Г.Д. Волкова, Д.А. Володин // Технология машиностроения. – 2007.– №2.– с.66-68.
109. Гаврилов, А.Г. Разработка метода моделирования и средств поддержки управления развитием визуальной интегрированной среды проектирования автоматизированных систем, дис. канд-та. техн. наук: 2.3.1 / Гаврилов Андрей Геннадьевич. – М.2022. – 224 с.

110. Гаврилов, А.Г. Требования к интегрированной среде поддержки процесса создания прикладных автоматизированных систем / А.Г. Гаврилов, О.В. Новоселова, Г.Д. Волкова // Высокие технологии, фундаментальные исследования, финансы: сборник статей Шестнадцатой международной научно-практической конференции «Фундаментальные и прикладные исследования, разработка и применение высоких технологий в промышленности и экономике», No. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2013 – с. 16-19.
111. TIOBE Index for August 2023 / URL: <https://www.tiobe.com/tiobe-index/>.
112. Visual Studio: IDE и редактор кода для разработчиков и групп, работающих с программным обеспечением / <https://visualstudio.microsoft.com/ru/>.
113. Общие сведения о Visual Studio / <https://docs.microsoft.com/ru-ru/visualstudio/get-started/visual-studio-ide?view=vs-2019>.
114. Шлее, М. Qt 5.3. Профессиональное программирование на C++. / Макс Шлее — СПб.: БХВ-Петербург, 2015. — 928 с.: ил.
115. Qt | Cross-platform software development for embedded & desktop / <https://www.qt.io/>.
116. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2021616009 Российская Федерация. Модуль интеграции динамической составляющей концептуальной модели: № 2021615079: заявл. 09.04.2021: опубл. 15.04.2021 / А. С. Сидоров, А. Г. Гаврилов, О. В. Новоселова, Г. Д. Волкова; заявитель федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный технологический университет «СТАНКИН».
117. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2021616067 Российская Федерация. Модуль интеграции функциональной составляющей инфологической модели: № 2021615061: заявл. 09.04.2021: опубл. 15.04.2021 / А. С. Сидоров, А. Г.

Гаврилов, О. В. Новоселова, Г. Д. Волкова; заявитель федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный технологический университет «СТАНКИН».

Приложение А – Пример использования модулей, поддерживающих методы интеграции описаний моделей, формируемых на этапах предпроектного обследования и проектирования АС

На рисунках А.1 – А.11 приведены скриншоты работы модулей по интеграции графических (диаграмм, описывающих концептуальную структуру) и табличных описаний (спецификации F1, F2) концептуальных моделей, описывающих проектировочный и проверочный расчеты для плоскоременных передач.

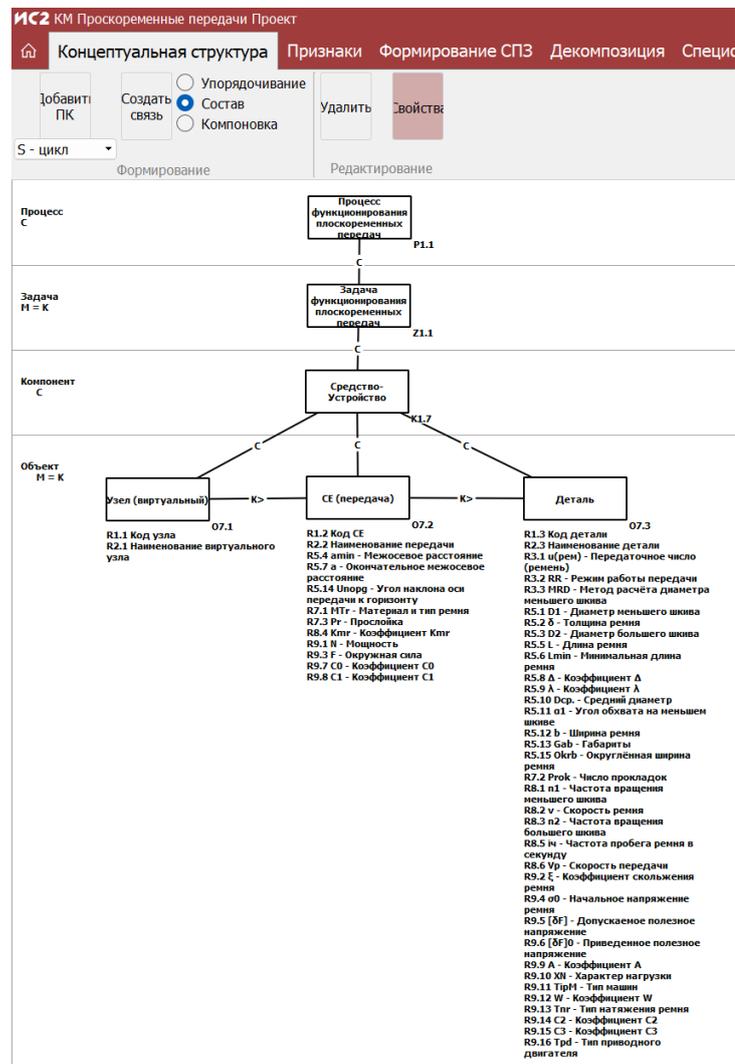


Рисунок А.1 – Концептуальная структура, описывающая задачу по проектировочному расчету для плоскоременных передач

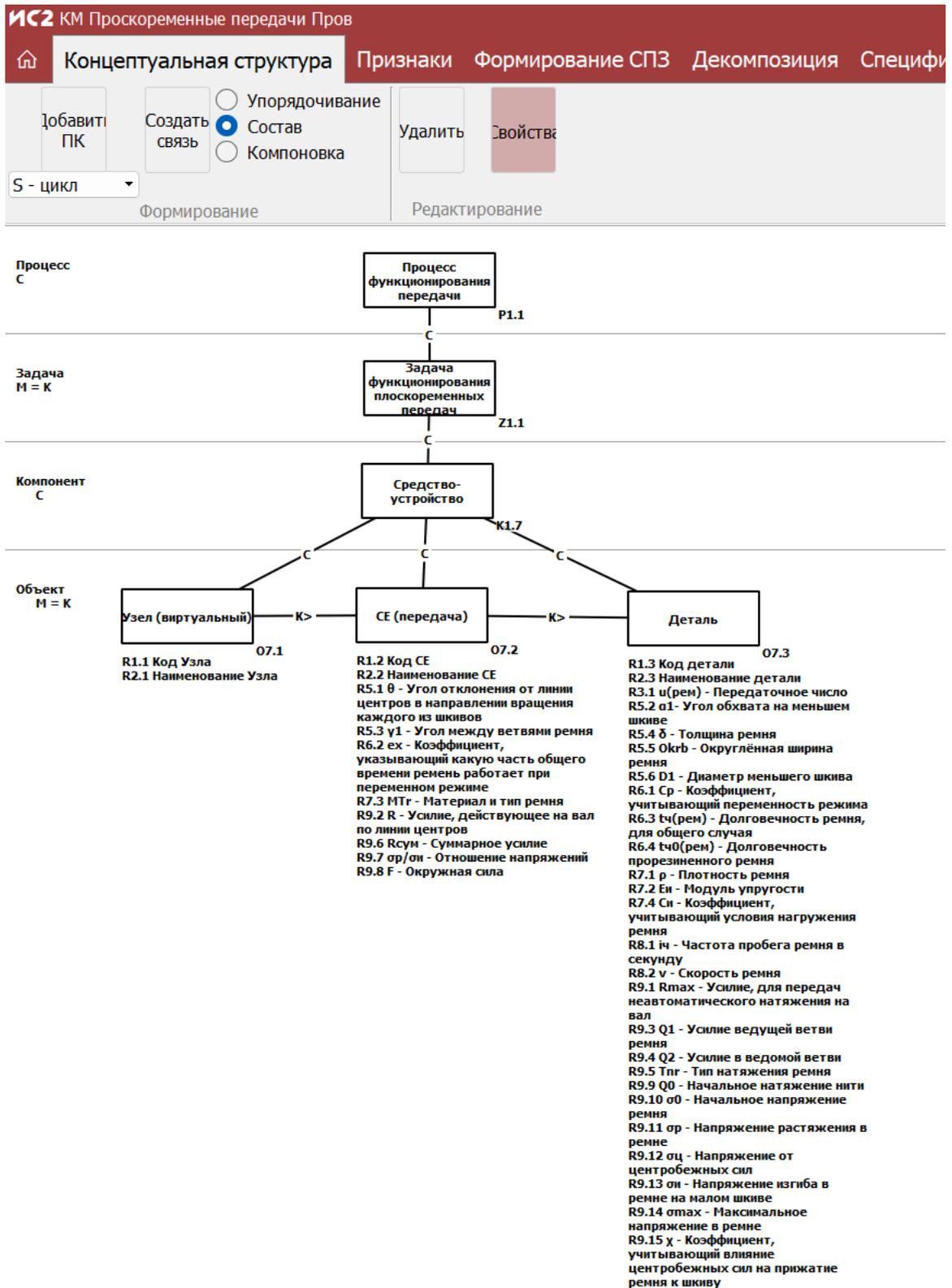


Рисунок А.2 – Концептуальная структура, описывающая задачу по проверочному расчету для плоскоремennых передач

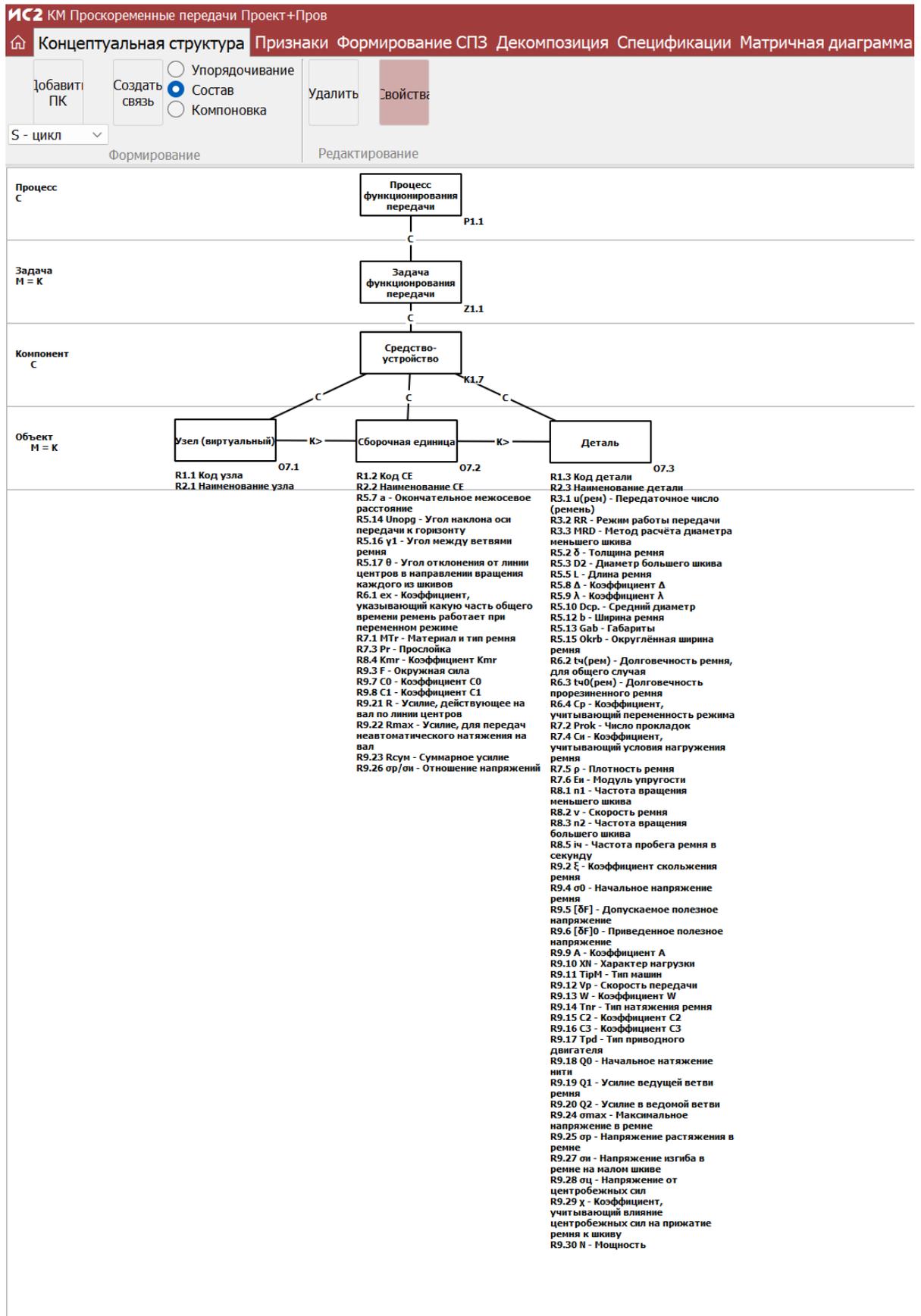


Рисунок А.3 – Концептуальная структура, описывающая комплекс задач по расчетам (проектировочный и проверочный) для плоскоремennых передач

Форма F1 Форма F2 Форма F3 Форма F4 Форма F6

Класс	Код	Наименование	Тип	Статус	Оценка
P	P1.1	Процесс функционирования плоскорременных передач	T	P	
Z	Z1.1	Задача функционирования плоскорременных передач	T	P	
K	K1.7	Средство-Устройство	T	P	
O	O7.1	Узел (виртуальный)	NT	P	
O	O7.2	СЕ (передача)	NT	P	
O	O7.3	Деталь	T	P	
R	R1.1	Код узла	T	P	
R	R1.2	Код СЕ	T	P	
R	R1.3	Код детали	T	P	
R	R2.1	Наименование виртуального узла	T	P	
R	R2.2	Наименование передачи	T	P	
R	R2.3	Наименование детали	T	P	
R	R3.1	$u(\text{рем})$ - Передаточное число (ремень)	T	P	
R	R3.2	RR - Режим работы передачи	T	P	
R	R3.3	MRD - Метод расчёта диаметра меньшего шкива	T	P	
R	R5.1	D1 - Диаметр меньшего шкива	T	P	
R	R5.2	δ - Толщина ремня	T	P	
R	R5.3	D2 - Диаметр большего шкива	T	P	
R	R5.4	a_{min} - Межосевое расстояние	T	P	
R	R5.5	L - Длина ремня	T	P	
R	R5.6	L_{min} - Минимальная длина ремня	T	P	
R	R5.7	a - Окончательное межосевое расстояние	T	P	
R	R5.8	Δ - Коэффициент Δ	T	P	
R	R5.9	λ - Коэффициент λ	T	P	
R	R5.10	Dср. - Средний диаметр	T	P	
R	R5.11	α_1 - Угол обхвата на меньшем шкиве	T	P	
R	R5.12	b - Ширина ремня	T	P	
R	R5.13	Gab - Габариты	T	P	
R	R5.14	$U_{\text{порг}}$ - Угол наклона оси передачи к горизонту	T	P	
R	R5.15	Okrb - Округлённая ширина ремня	T	P	
R	R7.1	MTr - Материал и тип ремня	T	P	
R	R7.2	Prok - Число прокладок	T	P	
R	R7.3	Pr - Прослойка	T	P	
R	R8.1	n_1 - Частота вращения меньшего шкива	T	P	
R	R8.2	v - Скорость ремня	T	P	
R	R8.3	n_2 - Частота вращения большего шкива	T	P	
R	R8.4	K_{mg} - Коэффициент K_{mg}	T	P	
R	R8.5	$i_{\text{ч}}$ - Частота пробег ремня в секунду	T	P	
R	R8.6	V_p - Скорость передачи	T	P	
R	R9.1	N - Мощность	T	P	
R	R9.2	ξ - Коэффициент скольжения ремня	T	P	
R	R9.3	F - Окружная сила	T	P	
R	R9.4	σ_0 - Начальное напряжение ремня	T	P	
R	R9.5	$[\delta F]$ - Допускаемое полезное напряжение	T	P	
R	R9.6	$[\delta F]_0$ - Приведенное полезное напряжение	T	P	
R	R9.7	C0 - Коэффициент C0	T	P	
R	R9.8	C1 - Коэффициент C1	T	P	
R	R9.9	A - Коэффициент A	T	P	
R	R9.10	XN - Характер нагрузки	T	P	
R	R9.11	TipM - Тип машин	T	P	
R	R9.12	W - Коэффициент W	T	P	
R	R9.13	Tng - Тип натяжения ремня	T	P	
R	R9.14	C2 - Коэффициент C2	T	P	
R	R9.15	C3 - Коэффициент C3	T	P	
R	R9.16	Trp - Тип приводного двигателя	T	P	

Рисунок А.4 – Фрагмент спецификации F1 в рамках задачи по проектировочному расчету для плоскорременных передач

Класс	Код	Наименование	Тип	Статус	Оценка
P	P1.1	Процесс функционирования передачи	T	P	
Z	Z1.1	Задача функционирования плоскоременных передач	T	P	
K	K1.7	Средство-устройство	T	P	
O	O7.1	Узел (виртуальный)	NT	P	
O	O7.2	СЕ (передача)	NT	P	
O	O7.3	Деталь	T	P	
R	R1.1	Код Узла	T	P	
R	R1.2	Код СЕ	T	P	
R	R1.3	Код детали	T	P	
R	R2.1	Наименование Узла	T	P	
R	R2.2	Наименование СЕ	T	P	
R	R2.3	Наименование детали	T	P	
R	R3.1	u(рем) - Передаточное число	T	P	
R	R5.1	θ - Угол отклонения от линии центров в направлении вращения каждого из шкивов	T	P	
R	R5.2	α_1 - Угол обхвата на меньшем шкиве	T	P	
R	R5.3	γ_1 - Угол между ветвями ремня	T	P	
R	R5.4	δ - Толщина ремня	T	P	
R	R5.5	Okrb - Округленная ширина ремня	T	P	
R	R5.6	D1 - Диаметр меньшего шкива	T	P	
R	R6.1	Cr - Коэффициент, учитывающий переменность режима	T	P	
R	R6.2	ex - Коэффициент, указывающий какую часть общего времени ремень работает при переменном режиме	T	P	
R	R6.3	tч(рем) - Долговечность ремня, для общего случая	T	P	
R	R6.4	tч0(рем) - Долговечность прорезиненного ремня	T	P	
R	R7.1	ρ - Плотность ремня	T	P	
R	R7.2	Eи - Модуль упругости	T	P	
R	R7.3	MTr - Материал и тип ремня	T	P	
R	R7.4	Сн - Коэффициент, учитывающий условия нагружения ремня	T	P	
R	R8.1	iч - Частота пробега ремня в секунду	T	P	
R	R8.2	v - Скорость ремня	T	P	
R	R9.1	Rmax - Усилие, для передач неавтоматического натяжения на вал	T	P	
R	R9.2	R - Усилие, действующее на вал по линии центров	T	P	
R	R9.3	Q1 - Усилие ведущей ветви ремня	T	P	
R	R9.4	Q2 - Усилие в ведомой ветви	T	P	
R	R9.5	Tпр - Тип натяжения ремня	T	P	
R	R9.6	Rсум - Суммарное усилие	T	P	
R	R9.7	σ_r/σ_n - Отношение напряжений	T	P	
R	R9.8	F - Окружная сила	T	P	
R	R9.9	Q0 - Начальное натяжение нити	T	P	
R	R9.10	σ_0 - Начальное напряжение ремня	T	P	
R	R9.11	σ_p - Напряжение растяжения в ремне	T	P	
R	R9.12	σ_c - Напряжение от центробежных сил	T	P	
R	R9.13	σ_b - Напряжение изгиба в ремне на малом шкиве	T	P	
R	R9.14	σ_{max} - Максимальное напряжение в ремне	T	P	
R	R9.15	χ - Коэффициент, учитывающий влияние центробежных сил на прижатие ремня к шкиву	T	P	

Рисунок А.5 – Фрагмент спецификации F1 в рамках задачи по проверочному расчету для плоскоременных передач

Форма F1 Форма F2 Форма F3 Форма F4 Форма F6

Класс	Код	Наименование	Тип	Статус	Оценка
P	P1.1	Процесс функционирования передачи	T	P	
Z	Z1.1	Задача функционирования передачи	T	P	
K	K1.7	Средство-устройство	T	P	
O	O7.1	Узел (виртуальный)	NT	P	
O	O7.2	Сборочная единица	NT	P	
O	O7.3	Деталь	T	P	
R	R1.1	Код узла	T	P	
R	R1.2	Код СЕ	T	P	
R	R1.3	Код детали	T	P	
R	R2.1	Наименование узла	T	P	
R	R2.2	Наименование СЕ	T	P	
R	R2.3	Наименование детали	T	P	
R	R3.1	$u(\text{рем})$ - Передаточное число (ремень)	T	P	
R	R3.2	RR - Режим работы передачи	T	P	
R	R3.3	MRD - Метод расчёта диаметра меньшего шкива	T	P	
R	R5.1	D1 - Диаметр меньшего шкива	T	P	
R	R5.2	δ - Толщина ремня	T	P	
R	R5.3	D2 - Диаметр большего шкива	T	P	
R	R5.4	a_{min} - Межосевое расстояние	T	P	
R	R5.5	L - Длина ремня	T	P	
R	R5.6	L_{min} - Минимальная длина ремня	T	P	
R	R5.7	a - Окончательное межосевое расстояние	T	P	
R	R5.8	Δ - Коэффициент Δ	T	P	
R	R5.9	λ - Коэффициент λ	T	P	
R	R5.10	Dcp - Средний диаметр	T	P	
R	R5.11	α_1 - Угол обхвата на меньшем шкиве	T	P	
R	R5.12	b - Ширина ремня	T	P	
R	R5.13	Gab - Габариты	T	P	
R	R5.14	$U_{\text{порг}}$ - Угол наклона оси передачи к горизонту	T	P	
R	R5.15	Okrb - Округлённая ширина ремня	T	P	
R	R5.16	γ_1 - Угол между ветвями ремня	T	P	
R	R5.17	θ - Угол отклонения от линии центров в направлении вращения каждого из шкивов	T	P	
R	R5.18	D1 - Диаметр меньшего шкива	T	P	
R	R6.1	ex - Коэффициент, указывающий какую часть общего времени ремень работает при переменном режиме	T	P	
R	R6.2	$t_{\text{ч}}(\text{рем})$ - Долговечность ремня, для общего случая	T	P	
R	R6.3	$t_{\text{ч0}}(\text{рем})$ - Долговечность прорезиненного ремня	T	P	
R	R6.4	Cp - Коэффициент, учитывающий переменность режима	T	P	
R	R7.1	MTr - Материал и тип ремня	T	P	
R	R7.2	Prok - Число прокладок	T	P	
R	R7.3	Pг - Прослойка	T	P	
R	R7.4	Сн - Коэффициент, учитывающий условия нагружения ремня	T	P	
R	R7.5	ρ - Плотность ремня	T	P	
R	R7.6	Eи - Модуль упругости	T	P	
R	R8.1	n_1 - Частота вращения меньшего шкива	T	P	
R	R8.2	v - Скорость ремня	T	P	
R	R8.3	n_2 - Частота вращения большего шкива	T	P	
R	R8.4	$K_{\text{мг}}$ - Коэффициент $K_{\text{мг}}$	T	P	
R	R8.5	$i_{\text{ч}}$ - Частота пробега ремня в секунду	T	P	
R	R9.1	N - Мощность	T	P	
R	R9.2	ξ - Коэффициент скольжения ремня	T	P	
R	R9.3	F - Окружная сила	T	P	
R	R9.4	σ_0 - Начальное напряжение ремня	T	P	
R	R9.5	[δF] - Допускаемое полезное напряжение	T	P	
R	R9.6	[δF]0 - Приведенное полезное напряжение	T	P	
R	R9.7	C0 - Коэффициент C0	T	P	
R	R9.8	C1 - Коэффициент C1	T	P	

Рисунок А.6 – Фрагмент № 1 спецификации F1 в рамках комплекса задач по расчетам (проектировочный, проверочный) для плоскоремennых передач

Форма F1	Форма F2	Форма F3	Форма F4	Форма F6				
R	R5.7	a - Окончательное межосевое расстояние				T	P	
R	R5.8	Δ - Коэффициент Δ				T	P	
R	R5.9	λ - Коэффициент λ				T	P	
R	R5.10	Dср. - Средний диаметр				T	P	
R	R5.11	α_1 - Угол обхвата на меньшем шкиве				T	P	
R	R5.12	b - Ширина ремня				T	P	
R	R5.13	Gab - Габариты				T	P	
R	R5.14	Unorg - Угол наклона оси передачи к горизонту				T	P	
R	R5.15	Okrb - Округлённая ширина ремня				T	P	
R	R5.16	γ_1 - Угол между ветвями ремня				T	P	
R	R5.17	θ - Угол отклонения от линии центров в направлении вращения каждого из шкивов				T	P	
R	R5.18	D1 - Диаметр меньшего шкива				T	P	
R	R6.1	ex - Коэффициент, указывающий какую часть общего времени ремень работает при переменном режиме				T	P	
R	R6.2	tч(рем) - Долговечность ремня, для общего случая				T	P	
R	R6.3	tч0(рем) - Долговечность прорезиненного ремня				T	P	
R	R6.4	Cr - Коэффициент, учитывающий переменность режима				T	P	
R	R7.1	MTr - Материал и тип ремня				T	P	
R	R7.2	PrOk - Число прокладок				T	P	
R	R7.3	Pr - Прослойка				T	P	
R	R7.4	Сi - Коэффициент, учитывающий условия нагружения ремня				T	P	
R	R7.5	ρ - Плотность ремня				T	P	
R	R7.6	Eи - Модуль упругости				T	P	
R	R8.1	n1 - Частота вращения меньшего шкива				T	P	
R	R8.2	v - Скорость ремня				T	P	
R	R8.3	n2 - Частота вращения большего шкива				T	P	
R	R8.4	Kmr - Коэффициент Kmr				T	P	
R	R8.5	iч - Частота пробега ремня в секунду				T	P	
R	R9.1	N - Мощность				T	P	
R	R9.2	ξ - Коэффициент скольжения ремня				T	P	
R	R9.3	F - Окружная сила				T	P	
R	R9.4	σ_0 - Начальное напряжение ремня				T	P	
R	R9.5	[δF] - Допускаемое полезное напряжение				T	P	
R	R9.6	[δF]0 - Приведенное полезное напряжение				T	P	
R	R9.7	C0 - Коэффициент C0				T	P	
R	R9.8	C1 - Коэффициент C1				T	P	
R	R9.9	A - Коэффициент A				T	P	
R	R9.10	XN - Характер нагрузки				T	P	
R	R9.11	TipM - Тип машин				T	P	
R	R9.12	Vp - Скорость передачи				T	P	
R	R9.13	W - Коэффициент W				T	P	
R	R9.14	Tnr - Тип натяжения ремня				T	P	
R	R9.15	C2 - Коэффициент C2				T	P	
R	R9.16	C3 - Коэффициент C3				T	P	
R	R9.17	Trd - Тип приводного двигателя				T	P	
R	R9.18	Q0 - Начальное натяжение нити				T	P	
R	R9.19	Q1 - Усилие ведущей ветви ремня				T	P	
R	R9.20	Q2 - Усилие в ведомой ветви				T	P	
R	R9.21	R - Усилие, действующее на вал по линии центров				T	P	
R	R9.22	Rmax - Усилие, для передач неавтоматического натяжения на вал				T	P	
R	R9.23	Rсум - Суммарное усилие				T	P	
R	R9.24	σ_{max} - Максимальное напряжение в ремне				T	P	
R	R9.25	σ_r - Напряжение растяжения в ремне				T	P	
R	R9.26	σ_r/σ_i - Отношение напряжений				T	P	
R	R9.27	σ_i - Напряжение изгиба в ремне на малом шкиве				T	P	
R	R9.28	σ_c - Напряжение от центробежных сил				T	P	
R	R9.29	χ - Коэффициент, учитывающий влияние центробежных сил на прижатие ремня к шкиву				T	P	
R	R9.30	N - Мощность				T	P	

Рисунок А.7 – Фрагмент № 2 спецификации F1 в рамках комплекса задач по расчетам (проектировочный, проверочный) для плоскоремненных передач

Форма F1 Форма F2 Форма F3 Форма F4 Форма F6

Класс	Код ПК1	Код ПК2	Код ПК3	Наименование	Вид	Оценка	Код
PZ	P1.1	Z1.1	-	Состав процесса "Процесс функционирования плоскоременных передач"	С	99	P1.1Z1.1-
ZK	Z1.1	K1.7	-	Состав задачи "Задача функционирования плоскоременных передач"	С	1	Z1.1K1.7-
KO	K1.7	O7.1	-	Состав компонента "Средство-Устройство"	С	99	K1.7O7.1-
KO	K1.7	O7.2	-	Состав компонента "Средство-Устройство"	С	99	K1.7O7.2-
KO	K1.7	O7.3	-	Состав компонента "Средство-Устройство"	С	99	K1.7O7.3-
OK	K1.7	O7.1	O7.2	Компоновка компонента "Средство-Устройство"	К	99	K1.7O7.1O7.2
OK	K1.7	O7.2	O7.3	Компоновка компонента "Средство-Устройство"	К	99	K1.7O7.2O7.3
OR	O7.1	R1.1	-	Состав объекта "Узел (виртуальный)"	С	1	O7.1R1.1-
OR	O7.1	R2.1	-	Состав объекта "Узел (виртуальный)"	С	1	O7.1R2.1-
OR	O7.2	R1.2	-	Состав объекта "СЕ (передача)"	С	1	O7.2R1.2-
OR	O7.2	R2.2	-	Состав объекта "СЕ (передача)"	С	1	O7.2R2.2-
OR	O7.2	R5.4	-	Состав объекта "СЕ (передача)"	С	1	O7.2R5.4-
OR	O7.2	R5.7	-	Состав объекта "СЕ (передача)"	С	1	O7.2R5.7-
OR	O7.2	R5.14	-	Состав объекта "СЕ (передача)"	С	1	O7.2R5.14-
OR	O7.2	R7.1	-	Состав объекта "СЕ (передача)"	С	1	O7.2R7.1-
OR	O7.2	R7.3	-	Состав объекта "СЕ (передача)"	С	1	O7.2R7.3-
OR	O7.2	R8.4	-	Состав объекта "СЕ (передача)"	С	1	O7.2R8.4-
OR	O7.2	R9.3	-	Состав объекта "СЕ (передача)"	С	1	O7.2R9.3-
OR	O7.2	R9.7	-	Состав объекта "СЕ (передача)"	С	1	O7.2R9.7-
OR	O7.2	R9.8	-	Состав объекта "СЕ (передача)"	С	1	O7.2R9.8-
OR	O7.3	R1.3	-	Состав объекта "Деталь"	С	1	O7.3R1.3-
OR	O7.3	R2.3	-	Состав объекта "Деталь"	С	1	O7.3R2.3-
OR	O7.3	R3.1	-	Состав объекта "Деталь"	С	1	O7.3R3.1-
OR	O7.3	R3.2	-	Состав объекта "Деталь"	С	1	O7.3R3.2-
OR	O7.3	R3.3	-	Состав объекта "Деталь"	С	1	O7.3R3.3-
OR	O7.3	R5.1	-	Состав объекта "Деталь"	С	1	O7.3R5.1-
OR	O7.3	R5.2	-	Состав объекта "Деталь"	С	1	O7.3R5.2-
OR	O7.3	R5.3	-	Состав объекта "Деталь"	С	1	O7.3R5.3-
OR	O7.3	R5.5	-	Состав объекта "Деталь"	С	1	O7.3R5.5-
OR	O7.3	R5.6	-	Состав объекта "Деталь"	С	1	O7.3R5.6-
OR	O7.3	R5.8	-	Состав объекта "Деталь"	С	1	O7.3R5.8-
OR	O7.3	R5.9	-	Состав объекта "Деталь"	С	1	O7.3R5.9-
OR	O7.3	R5.10	-	Состав объекта "Деталь"	С	1	O7.3R5.10-
OR	O7.3	R5.11	-	Состав объекта "Деталь"	С	1	O7.3R5.11-
OR	O7.3	R5.12	-	Состав объекта "Деталь"	С	1	O7.3R5.12-
OR	O7.3	R5.13	-	Состав объекта "Деталь"	С	1	O7.3R5.13-
OR	O7.3	R5.15	-	Состав объекта "Деталь"	С	1	O7.3R5.15-
OR	O7.3	R7.2	-	Состав объекта "Деталь"	С	1	O7.3R7.2-
OR	O7.3	R8.1	-	Состав объекта "Деталь"	С	1	O7.3R8.1-
OR	O7.3	R8.2	-	Состав объекта "Деталь"	С	1	O7.3R8.2-
OR	O7.3	R8.3	-	Состав объекта "Деталь"	С	1	O7.3R8.3-
OR	O7.3	R8.5	-	Состав объекта "Деталь"	С	1	O7.3R8.5-
OR	O7.3	R8.6	-	Состав объекта "Деталь"	С	1	O7.3R8.6-
OR	O7.3	R9.1	-	Состав объекта "Деталь"	С	1	O7.3R9.1-
OR	O7.3	R9.2	-	Состав объекта "Деталь"	С	1	O7.3R9.2-
OR	O7.3	R9.4	-	Состав объекта "Деталь"	С	1	O7.3R9.4-
OR	O7.3	R9.5	-	Состав объекта "Деталь"	С	1	O7.3R9.5-
OR	O7.3	R9.6	-	Состав объекта "Деталь"	С	1	O7.3R9.6-
OR	O7.3	R9.9	-	Состав объекта "Деталь"	С	1	O7.3R9.9-
OR	O7.3	R9.10	-	Состав объекта "Деталь"	С	1	O7.3R9.10-
OR	O7.3	R9.11	-	Состав объекта "Деталь"	С	1	O7.3R9.11-
OR	O7.3	R9.12	-	Состав объекта "Деталь"	С	1	O7.3R9.12-
OR	O7.3	R9.13	-	Состав объекта "Деталь"	С	1	O7.3R9.13-
OR	O7.3	R9.14	-	Состав объекта "Деталь"	С	1	O7.3R9.14-
OR	O7.3	R9.15	-	Состав объекта "Деталь"	С	1	O7.3R9.15-
OR	O7.3	R9.16	-	Состав объекта "Деталь"	С	1	O7.3R9.16-
RO	O7.1	R1.1	-	Компоновка объекта "Узел (виртуальный)"	К	1	O7.1R1.1-

Рисунок А.8 – Фрагмент спецификации F2 в рамках задачи по проектировочному расчету для плоскоременных передач

Форма F1 Форма F2 Форма F3 Форма F4 Форма F6

Класс	Код ПК1	Код ПК2	Код ПК3	Наименование	Вид	Оценка	Код
PZ	P1.1	Z1.1	-	Состав процесса "Процесс функционирования передачи"	С	99	P1.1Z1.1-
ZK	Z1.1	K1.7	-	Состав задачи "Задача функционирования плоскоремненных передач"	С	1	Z1.1K1.7-
KO	K1.7	O7.1	-	Состав компонента "Средство-устройство"	С	99	K1.7O7.1-
KO	K1.7	O7.2	-	Состав компонента "Средство-устройство"	С	99	K1.7O7.2-
KO	K1.7	O7.3	-	Состав компонента "Средство-устройство"	С	99	K1.7O7.3-
OK	K1.7	O7.1	O7.2	Компоновка компонента "Средство-устройство"	К	99	K1.7O7.1O7.2
OK	K1.7	O7.2	O7.3	Компоновка компонента "Средство-устройство"	К	99	K1.7O7.2O7.3
OR	O7.1	R1.1	-	Состав объекта "Узел (виртуальный)"	С	1	O7.1R1.1-
OR	O7.1	R2.1	-	Состав объекта "Узел (виртуальный)"	С	1	O7.1R2.1-
OR	O7.2	R1.2	-	Состав объекта "СЕ (передача)"	С	1	O7.2R1.2-
OR	O7.2	R2.2	-	Состав объекта "СЕ (передача)"	С	1	O7.2R2.2-
OR	O7.2	R5.1	-	Состав объекта "СЕ (передача)"	С	1	O7.2R5.1-
OR	O7.2	R5.3	-	Состав объекта "СЕ (передача)"	С	1	O7.2R5.3-
OR	O7.2	R6.2	-	Состав объекта "СЕ (передача)"	С	1	O7.2R6.2-
OR	O7.2	R7.3	-	Состав объекта "СЕ (передача)"	С	1	O7.2R7.3-
OR	O7.2	R9.2	-	Состав объекта "СЕ (передача)"	С	1	O7.2R9.2-
OR	O7.2	R9.6	-	Состав объекта "СЕ (передача)"	С	1	O7.2R9.6-
OR	O7.2	R9.7	-	Состав объекта "СЕ (передача)"	С	1	O7.2R9.7-
OR	O7.2	R9.8	-	Состав объекта "СЕ (передача)"	С	1	O7.2R9.8-
OR	O7.3	R1.3	-	Состав объекта "Деталь"	С	1	O7.3R1.3-
OR	O7.3	R2.3	-	Состав объекта "Деталь"	С	1	O7.3R2.3-
OR	O7.3	R3.1	-	Состав объекта "Деталь"	С	1	O7.3R3.1-
OR	O7.3	R5.2	-	Состав объекта "Деталь"	С	1	O7.3R5.2-
OR	O7.3	R5.4	-	Состав объекта "Деталь"	С	1	O7.3R5.4-
OR	O7.3	R5.5	-	Состав объекта "Деталь"	С	1	O7.3R5.5-
OR	O7.3	R5.6	-	Состав объекта "Деталь"	С	1	O7.3R5.6-
OR	O7.3	R6.1	-	Состав объекта "Деталь"	С	1	O7.3R6.1-
OR	O7.3	R6.3	-	Состав объекта "Деталь"	С	1	O7.3R6.3-
OR	O7.3	R6.4	-	Состав объекта "Деталь"	С	1	O7.3R6.4-
OR	O7.3	R7.1	-	Состав объекта "Деталь"	С	1	O7.3R7.1-
OR	O7.3	R7.2	-	Состав объекта "Деталь"	С	1	O7.3R7.2-
OR	O7.3	R7.4	-	Состав объекта "Деталь"	С	1	O7.3R7.4-
OR	O7.3	R8.1	-	Состав объекта "Деталь"	С	1	O7.3R8.1-
OR	O7.3	R8.2	-	Состав объекта "Деталь"	С	1	O7.3R8.2-
OR	O7.3	R9.1	-	Состав объекта "Деталь"	С	1	O7.3R9.1-
OR	O7.3	R9.3	-	Состав объекта "Деталь"	С	1	O7.3R9.3-
OR	O7.3	R9.4	-	Состав объекта "Деталь"	С	1	O7.3R9.4-
OR	O7.3	R9.5	-	Состав объекта "Деталь"	С	1	O7.3R9.5-
OR	O7.3	R9.9	-	Состав объекта "Деталь"	С	1	O7.3R9.9-
OR	O7.3	R9.10	-	Состав объекта "Деталь"	С	1	O7.3R9.10-
OR	O7.3	R9.11	-	Состав объекта "Деталь"	С	1	O7.3R9.11-
OR	O7.3	R9.12	-	Состав объекта "Деталь"	С	1	O7.3R9.12-
OR	O7.3	R9.13	-	Состав объекта "Деталь"	С	1	O7.3R9.13-
OR	O7.3	R9.14	-	Состав объекта "Деталь"	С	1	O7.3R9.14-
OR	O7.3	R9.15	-	Состав объекта "Деталь"	С	1	O7.3R9.15-
RO	O7.1	R1.1	-	Компоновка объекта "Узел (виртуальный)"	К	1	O7.1R1.1-
RO	O7.1	R2.1	-	Компоновка объекта "Узел (виртуальный)"	К	2	O7.1R2.1-
RO	O7.2	R1.2	-	Компоновка объекта "СЕ (передача)"	К	1	O7.2R1.2-
RO	O7.2	R2.2	-	Компоновка объекта "СЕ (передача)"	К	2	O7.2R2.2-
RO	O7.2	R5.1	-	Компоновка объекта "СЕ (передача)"	К	3	O7.2R5.1-
RO	O7.2	R5.3	-	Компоновка объекта "СЕ (передача)"	К	4	O7.2R5.3-
RO	O7.2	R6.2	-	Компоновка объекта "СЕ (передача)"	К	5	O7.2R6.2-
RO	O7.2	R7.3	-	Компоновка объекта "СЕ (передача)"	К	6	O7.2R7.3-
RO	O7.2	R9.2	-	Компоновка объекта "СЕ (передача)"	К	7	O7.2R9.2-
RO	O7.2	R9.6	-	Компоновка объекта "СЕ (передача)"	К	8	O7.2R9.6-
RO	O7.2	R9.7	-	Компоновка объекта "СЕ (передача)"	К	9	O7.2R9.7-
RO	O7.2	R9.8	-	Компоновка объекта "СЕ (передача)"	К	10	O7.2R9.8-

Рисунок А.9 – Фрагмент спецификации F2 в рамках задачи по проверочному расчету для плоскоремненных передач

Форма F1 Форма F2 Форма F3 Форма F4 Форма F6

Класс	Код ПК1	Код ПК2	Код ПК3	Наименование	Вид	Оценка	Код
PZ	P1.1	Z1.1	-	Состав процесса "Процесс функционирования передачи"	С	99	P1.1Z1.1-
ZK	Z1.1	K1.7	-	Состав задачи "Задача функционирования передачи"	С	1	Z1.1K1.7-
KO	K1.7	O7.1	-	Состав компонента "Средство-устройство"	С	99	K1.7O7.1-
KO	K1.7	O7.2	-	Состав компонента "Средство-устройство"	С	99	K1.7O7.2-
KO	K1.7	O7.3	-	Состав компонента "Средство-устройство"	С	99	K1.7O7.3-
OK	K1.7	O7.1	O7.2	Компоновка компонента "Средство-устройство"	К	99	K1.7O7.1O7.2
OK	K1.7	O7.2	O7.3	Компоновка компонента "Средство-устройство"	К	99	K1.7O7.2O7.3
OR	O7.1	R1.1	-	Состав объекта "Узел (виртуальный)"	С	1	O7.1R1.1-
OR	O7.1	R2.1	-	Состав объекта "Узел (виртуальный)"	С	1	O7.1R2.1-
OR	O7.2	R1.2	-	Состав объекта "Сборочная единица"	С	1	O7.2R1.2-
OR	O7.2	R2.2	-	Состав объекта "Сборочная единица"	С	1	O7.2R2.2-
OR	O7.2	R5.7	-	Состав объекта "Сборочная единица"	С	1	O7.2R5.7-
OR	O7.2	R5.14	-	Состав объекта "Сборочная единица"	С	1	O7.2R5.14-
OR	O7.2	R5.16	-	Состав объекта "Сборочная единица"	С	1	O7.2R5.16-
OR	O7.2	R5.17	-	Состав объекта "Сборочная единица"	С	1	O7.2R5.17-
OR	O7.2	R6.1	-	Состав объекта "Сборочная единица"	С	1	O7.2R6.1-
OR	O7.2	R7.1	-	Состав объекта "Сборочная единица"	С	1	O7.2R7.1-
OR	O7.2	R7.3	-	Состав объекта "Сборочная единица"	С	1	O7.2R7.3-
OR	O7.2	R8.4	-	Состав объекта "Сборочная единица"	С	1	O7.2R8.4-
OR	O7.2	R9.3	-	Состав объекта "Сборочная единица"	С	1	O7.2R9.3-
OR	O7.2	R9.7	-	Состав объекта "Сборочная единица"	С	1	O7.2R9.7-
OR	O7.2	R9.8	-	Состав объекта "Сборочная единица"	С	1	O7.2R9.8-
OR	O7.2	R9.21	-	Состав объекта "Сборочная единица"	С	1	O7.2R9.21-
OR	O7.2	R9.22	-	Состав объекта "Сборочная единица"	С	1	O7.2R9.22-
OR	O7.2	R9.23	-	Состав объекта "Сборочная единица"	С	1	O7.2R9.23-
OR	O7.2	R9.26	-	Состав объекта "Сборочная единица"	С	1	O7.2R9.26-
OR	O7.3	R1.3	-	Состав объекта "Деталь"	С	1	O7.3R1.3-
OR	O7.3	R2.3	-	Состав объекта "Деталь"	С	1	O7.3R2.3-
OR	O7.3	R3.1	-	Состав объекта "Деталь"	С	1	O7.3R3.1-
OR	O7.3	R3.2	-	Состав объекта "Деталь"	С	1	O7.3R3.2-
OR	O7.3	R3.3	-	Состав объекта "Деталь"	С	1	O7.3R3.3-
OR	O7.3	R5.2	-	Состав объекта "Деталь"	С	1	O7.3R5.2-
OR	O7.3	R5.3	-	Состав объекта "Деталь"	С	1	O7.3R5.3-
OR	O7.3	R5.5	-	Состав объекта "Деталь"	С	1	O7.3R5.5-
OR	O7.3	R5.8	-	Состав объекта "Деталь"	С	1	O7.3R5.8-
OR	O7.3	R5.9	-	Состав объекта "Деталь"	С	1	O7.3R5.9-
OR	O7.3	R5.10	-	Состав объекта "Деталь"	С	1	O7.3R5.10-
OR	O7.3	R5.12	-	Состав объекта "Деталь"	С	1	O7.3R5.12-
OR	O7.3	R5.13	-	Состав объекта "Деталь"	С	1	O7.3R5.13-
OR	O7.3	R5.15	-	Состав объекта "Деталь"	С	1	O7.3R5.15-
OR	O7.3	R6.2	-	Состав объекта "Деталь"	С	1	O7.3R6.2-
OR	O7.3	R6.3	-	Состав объекта "Деталь"	С	1	O7.3R6.3-
OR	O7.3	R6.4	-	Состав объекта "Деталь"	С	1	O7.3R6.4-
OR	O7.3	R7.2	-	Состав объекта "Деталь"	С	1	O7.3R7.2-
OR	O7.3	R7.4	-	Состав объекта "Деталь"	С	1	O7.3R7.4-
OR	O7.3	R7.5	-	Состав объекта "Деталь"	С	1	O7.3R7.5-
OR	O7.3	R7.6	-	Состав объекта "Деталь"	С	1	O7.3R7.6-
OR	O7.3	R8.1	-	Состав объекта "Деталь"	С	1	O7.3R8.1-
OR	O7.3	R8.2	-	Состав объекта "Деталь"	С	1	O7.3R8.2-
OR	O7.3	R8.3	-	Состав объекта "Деталь"	С	1	O7.3R8.3-
OR	O7.3	R8.5	-	Состав объекта "Деталь"	С	1	O7.3R8.5-
OR	O7.3	R9.2	-	Состав объекта "Деталь"	С	1	O7.3R9.2-
OR	O7.3	R9.4	-	Состав объекта "Деталь"	С	1	O7.3R9.4-
OR	O7.3	R9.5	-	Состав объекта "Деталь"	С	1	O7.3R9.5-
OR	O7.3	R9.6	-	Состав объекта "Деталь"	С	1	O7.3R9.6-
OR	O7.3	R9.9	-	Состав объекта "Деталь"	С	1	O7.3R9.9-

Рисунок А.10 – Фрагмент № 1 спецификации F2 в рамках комплекса задач по расчетам (проектировочный, проверочный) для плоскоременных передач

Форма F1	Форма F2	Форма F3	Форма F4	Форма F6			
OR	07.3	R9.6	-	Состав объекта "Деталь"	С	1	07.3R9.6-
OR	07.3	R9.9	-	Состав объекта "Деталь"	С	1	07.3R9.9-
OR	07.3	R9.10	-	Состав объекта "Деталь"	С	1	07.3R9.10-
OR	07.3	R9.11	-	Состав объекта "Деталь"	С	1	07.3R9.11-
OR	07.3	R9.12	-	Состав объекта "Деталь"	С	1	07.3R9.12-
OR	07.3	R9.13	-	Состав объекта "Деталь"	С	1	07.3R9.13-
OR	07.3	R9.14	-	Состав объекта "Деталь"	С	1	07.3R9.14-
OR	07.3	R9.15	-	Состав объекта "Деталь"	С	1	07.3R9.15-
OR	07.3	R9.16	-	Состав объекта "Деталь"	С	1	07.3R9.16-
OR	07.3	R9.17	-	Состав объекта "Деталь"	С	1	07.3R9.17-
OR	07.3	R9.18	-	Состав объекта "Деталь"	С	1	07.3R9.18-
OR	07.3	R9.19	-	Состав объекта "Деталь"	С	1	07.3R9.19-
OR	07.3	R9.20	-	Состав объекта "Деталь"	С	1	07.3R9.20-
OR	07.3	R9.24	-	Состав объекта "Деталь"	С	1	07.3R9.24-
OR	07.3	R9.25	-	Состав объекта "Деталь"	С	1	07.3R9.25-
OR	07.3	R9.27	-	Состав объекта "Деталь"	С	1	07.3R9.27-
OR	07.3	R9.28	-	Состав объекта "Деталь"	С	1	07.3R9.28-
OR	07.3	R9.29	-	Состав объекта "Деталь"	С	1	07.3R9.29-
OR	07.3	R9.30	-	Состав объекта "Деталь"	С	1	07.3R9.30-
RO	07.1	R1.1	-	Компоновка объекта "Узел (виртуальный)"	К	1	07.1R1.1-
RO	07.1	R2.1	-	Компоновка объекта "Узел (виртуальный)"	К	2	07.1R2.1-
RO	07.2	R1.2	-	Компоновка объекта "Сборочная единица"	К	1	07.2R1.2-
RO	07.2	R2.2	-	Компоновка объекта "Сборочная единица"	К	2	07.2R2.2-
RO	07.2	R5.7	-	Компоновка объекта "Сборочная единица"	К	3	07.2R5.7-
RO	07.2	R5.14	-	Компоновка объекта "Сборочная единица"	К	4	07.2R5.14-
RO	07.2	R5.16	-	Компоновка объекта "Сборочная единица"	К	5	07.2R5.16-
RO	07.2	R5.17	-	Компоновка объекта "Сборочная единица"	К	6	07.2R5.17-
RO	07.2	R6.1	-	Компоновка объекта "Сборочная единица"	К	7	07.2R6.1-
RO	07.2	R7.1	-	Компоновка объекта "Сборочная единица"	К	8	07.2R7.1-
RO	07.2	R7.3	-	Компоновка объекта "Сборочная единица"	К	9	07.2R7.3-
RO	07.2	R8.4	-	Компоновка объекта "Сборочная единица"	К	10	07.2R8.4-
RO	07.2	R9.3	-	Компоновка объекта "Сборочная единица"	К	11	07.2R9.3-
RO	07.2	R9.7	-	Компоновка объекта "Сборочная единица"	К	12	07.2R9.7-
RO	07.2	R9.8	-	Компоновка объекта "Сборочная единица"	К	13	07.2R9.8-
RO	07.2	R9.21	-	Компоновка объекта "Сборочная единица"	К	14	07.2R9.21-
RO	07.2	R9.22	-	Компоновка объекта "Сборочная единица"	К	15	07.2R9.22-
RO	07.2	R9.23	-	Компоновка объекта "Сборочная единица"	К	16	07.2R9.23-
RO	07.2	R9.26	-	Компоновка объекта "Сборочная единица"	К	17	07.2R9.26-
RO	07.3	R1.3	-	Компоновка объекта "Деталь"	К	1	07.3R1.3-
RO	07.3	R2.3	-	Компоновка объекта "Деталь"	К	2	07.3R2.3-
RO	07.3	R3.1	-	Компоновка объекта "Деталь"	К	3	07.3R3.1-
RO	07.3	R3.2	-	Компоновка объекта "Деталь"	К	4	07.3R3.2-
RO	07.3	R3.3	-	Компоновка объекта "Деталь"	К	5	07.3R3.3-
RO	07.3	R5.2	-	Компоновка объекта "Деталь"	К	6	07.3R5.2-
RO	07.3	R5.3	-	Компоновка объекта "Деталь"	К	7	07.3R5.3-
RO	07.3	R5.5	-	Компоновка объекта "Деталь"	К	8	07.3R5.5-
RO	07.3	R5.8	-	Компоновка объекта "Деталь"	К	9	07.3R5.8-
RO	07.3	R5.9	-	Компоновка объекта "Деталь"	К	10	07.3R5.9-
RO	07.3	R5.10	-	Компоновка объекта "Деталь"	К	11	07.3R5.10-
RO	07.3	R5.12	-	Компоновка объекта "Деталь"	К	12	07.3R5.12-
RO	07.3	R5.13	-	Компоновка объекта "Деталь"	К	13	07.3R5.13-
RO	07.3	R5.15	-	Компоновка объекта "Деталь"	К	14	07.3R5.15-
RO	07.3	R6.2	-	Компоновка объекта "Деталь"	К	15	07.3R6.2-
RO	07.3	R6.3	-	Компоновка объекта "Деталь"	К	16	07.3R6.3-
RO	07.3	R6.4	-	Компоновка объекта "Деталь"	К	17	07.3R6.4-
RO	07.3	R7.2	-	Компоновка объекта "Деталь"	К	18	07.3R7.2-
RO	07.3	R7.4	-	Компоновка объекта "Деталь"	К	19	07.3R7.4-

Рисунок А.11 – Фрагмент № 2 спецификации F2 в рамках комплекса задач по расчетам (проектировочный, проверочный) для плоскоремненных передач

На рисунках А.12 – А.24 приведены скриншоты работы модулей по интеграции графических (диаграмм системы предметных манипуляций) и табличных описаний (спецификации Р5, Р6) инфологических моделей, описывающих проектировочный и проверочный расчеты для плоскоременных передач.

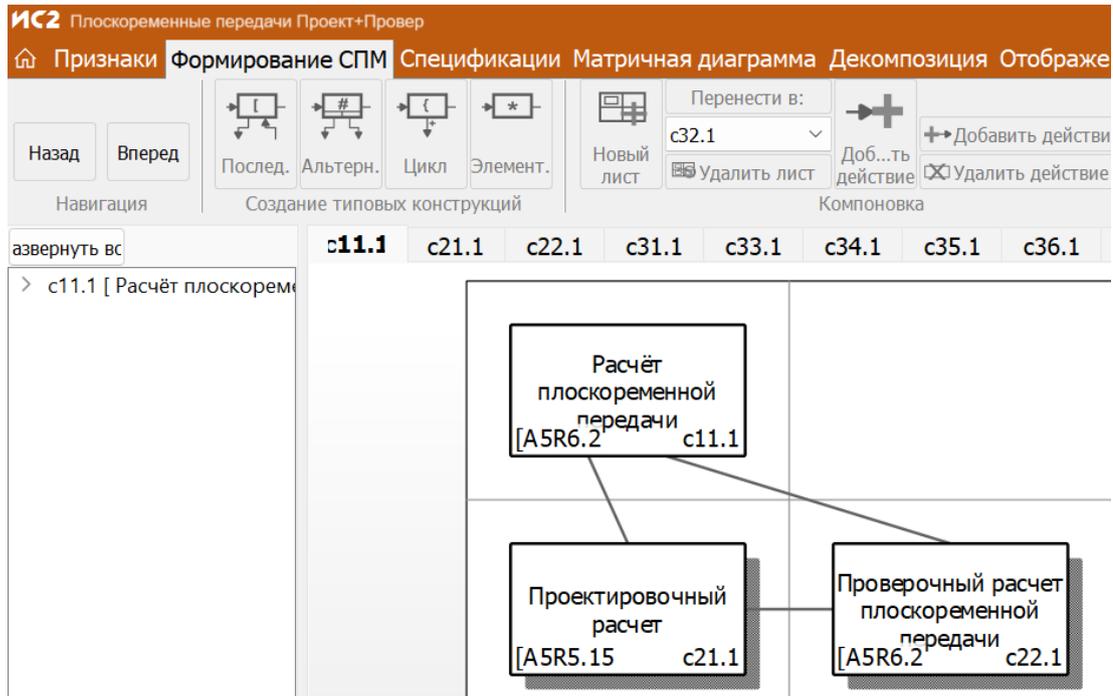


Рисунок А.12 – Диаграмма системы предметных манипуляций, описывающая комплекс задач по расчетам для плоскоременных передач

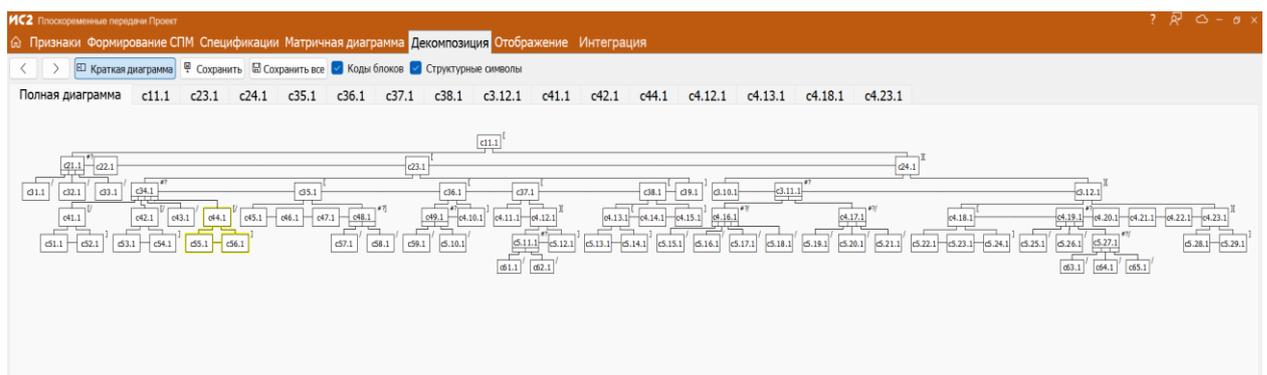


Рисунок А.13 – Диаграмма системы предметных манипуляций, описывающая проектировочный расчет для плоскоременных передач

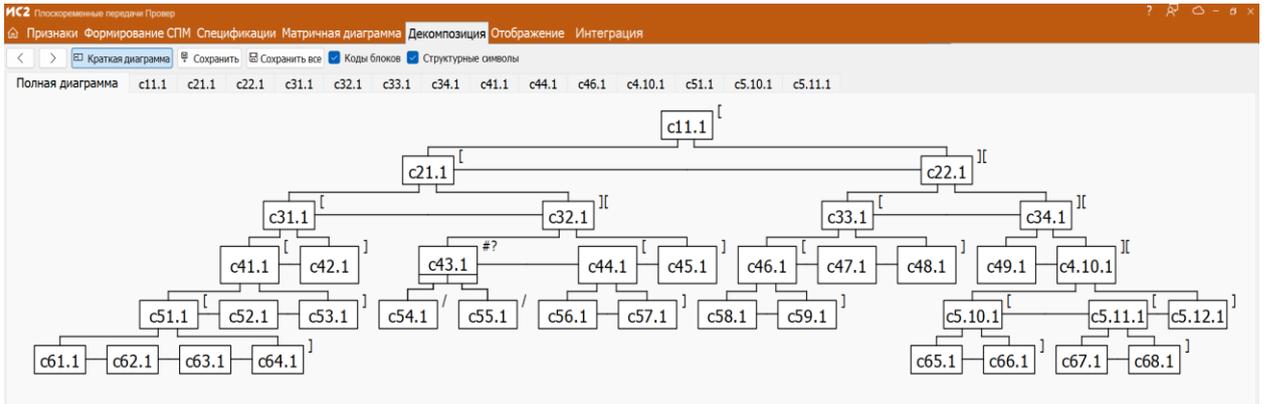


Рисунок А.14 – Диаграмма системы предметных манипуляций, описывающая проверочный расчет для плоскоременных передач

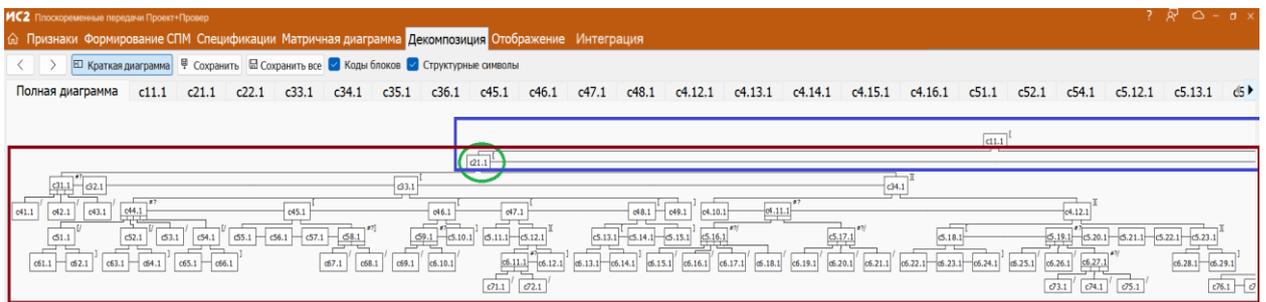


Рисунок А.15 – Фрагмент №1 диаграммы системы предметных манипуляций, описывающей комплекс задач по расчету (проектировочный, проверочный) для плоскоременных передач

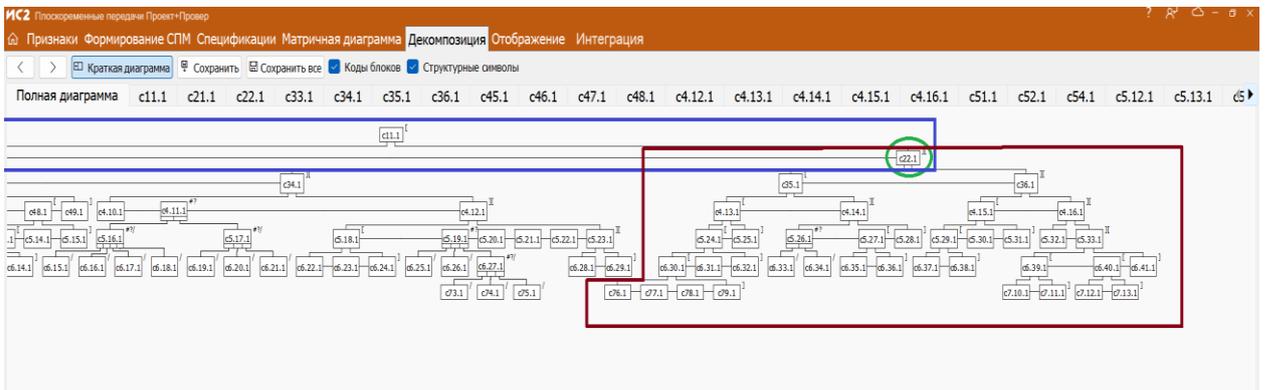


Рисунок А.16 – Фрагмент №2 диаграммы системы предметных манипуляций, описывающей комплекс задач по расчету (проектировочный, проверочный) для плоскоременных передач

[Порядок сортировки](#)
[Рекурсивный обхс](#)

Код	Тип	Наименование	Статус	Степень формализации	Структурное свойство
c11.1	-	Проектировочный расчет	П	Ал.	[
c21.1	-	Выбор материала и типа ремня в зависимости от скорости передачи	П	Ан.	#?
c31.1	-	Выбор материала и типа ремня для среднескоростной передачи	Э	Э	/
c32.1	-	Выбор материала и типа ремня для быстроходной передачи	Э	Э	/
c33.1	-	Выбор материала и типа ремня для сверхбыстроходной передачи	Э	Э	/
c22.1	1	Определение частоты вращения меньшего шкива, n_1	Э	Ан.	/
c23.1	-	Расчет и выбор размеров и параметров передачи	П	Ал.	[
c34.1	-	Определение параметров для диаметра меньшего шкива, D_1 , по нескольким методам	П	Ан.	#?
c41.1	-	Метод 1: по формуле М.А. Саверина	П	Ал.	[
c51.1	-	Определение мощности, N специалистом	Э	Э	/
c52.1	-	Расчет диаметра меньшего шкива, D_1	Э	Ан.	[
c42.1	-	Метод 2: Исходя из ориентировочной скорости ремня	П	Ал.]
c53.1	-	Определение скорости ремня, v	Э	С	/
c54.1	-	Расчет диаметра меньшего шкива, D_1	Э	Ан.]
c43.1	-	Метод 3: исходя из габаритов установки	Э	Э	/
c44.1	-	Метод 4: В зависимости от толщины ремня δ	П	Ал.	[
c55.1	-	Выбор толщины ремня, δ из таблицы (1.4) приложения 1	Э	С	/
c56.1	-	Выбор диаметра меньшего шкива, D_1 из таблицы (1.2) приложения 1	Э	С]
c35.1	-	Определение диаметра большего шкива	П	Ал.	[
c45.1	1	Определение коэффициента скольжения ремня ζ специалистом	Э	Э	/
c46.1	1	Определение частоты вращения большего шкива, n_2 специалистом	Э	Э	/
c47.1	-	Определение передаточного числа ремня, $u(\text{рем})$	Э	Ан.	/
c48.1	-	Определение диаметра большего шкива в зависимости от режима работы передачи, D_2	П	Ан.	#?
c57.1	-	Расчет диаметра большего шкива для понижающей передачи, D_2	Э	Ан.	/
c58.1	-	Расчет диаметра большего шкива для повышающей передачи, D_2	Э	Ан.	/
c36.1	-	Определение межосевого расстояния, $a_{\text{шп}}$	П	Ал.	[
c49.1	-	Определение коэффициента $K_{\text{шп}}$ в зависимости от скорости передачи	П	Ан.	#?
c59.1	-	$K_{\text{шп}}=1,5$ для быстроходных передач	Э	Э	/
c5.10.1	-	$K_{\text{шп}}=2$ для среднескоростных передач	Э	Э	/
c4.10.1	-	Расчет $a_{\text{шп}}$	Э	Ан.]
c37.1	-	Определение длины ремня	П	Ал.	[
c4.11.1	-	Определение длины ремня, L	Э	Ан.	/
c4.12.1	-	Определение минимальной длины ремня, L_{min}	П	Ал.]
c5.11.1	-	Определение частоты пробега ремня в секунду в зависимости от типа и материала ремня, скорости передачи, i	П	Ан.	#?
c61.1	-	Определение частоты пробега ремня в секунду для среднескоростных передач, $i\text{ч}$	Э	Э	/
c62.1	-	Определение частоты пробега ремня в секунду для быстроходных передач с синтетическими ремнями, $i\text{ч}$	Э	Э	/
c5.12.1	-	Расчет L_{min}	Э	Ан.	/
c38.1	-	Определение окончательного межосевого расстояния a по окончательно выбранной длине ремня	П	Ал.	[
c4.13.1	-	Определение λ	П	Ал.	[
c5.13.1	-	Определение среднего диаметра, $D_{\text{ср}}$	Э	Ан.	/
c5.14.1	-	Расчет λ	Э	Ан.]
c4.14.1	-	Определение Δ	Э	Ан.	/
c4.15.1	-	Расчет a	Э	Ан.]
c39.1	-	Определение угла обхвата на меньшем шкиве, α_1	Э	Ан.]
c24.1	-	Расчет сечения ремня	П	Ал.]
c3.10.1	-	Определение окружной силы, F	Э	Ан.]
c3.11.1	-	Выбор начального напряжения ремня, σ_0 , в зависимости от типа и материала ремня	П	Ан.	#?
c4.16.1	-	Выбор начального напряжения ремня, σ_0 для прорезиненных ремней в зависимости от межосевого расстояния и типа натяжения	П	Ан.	#?
c5.15.1	-	При малом межосевом расстоянии и вертикальном и близком к нему расположении ремня, $\sigma_0=1,6$	Э	Э	/
c5.16.1	-	При постоянном, но недостаточном межосевом расстоянии и угле наклона привода не более 60 градусов, $\sigma_0=1,8$	Э	Э	/
c5.17.1	-	При автоматически регулируемом постоянном натяжении, $\sigma_0=2,0$	Э	Э	/
c5.18.1	-	При автоматически регулируемом переменном натяжении, $\sigma_0=2,4$	Э	Э	/
c4.17.1	-	Выбор начального напряжения ремня, σ_0 для синтетических ремней в зависимости от диаметра меньшего шкива, толщины ремня и типа натяжения	П	Ан.	#?
c5.19.1	-	$\sigma_0=4,5$ - при периодическом регулировании межосевого расстояния и $D_1 \delta \leq 80$	Э	Э	/
c5.20.1	-	$\sigma_0=7,5$ - при автоматически регулируемом постоянном натяжении и $D_1 \delta > 80$	Э	Э	/
c5.21.1	-	$\sigma_0=10$ - при автоматически регулируемом переменном натяжении и $D_1 \delta > 100$	Э	Э	/
c3.12.1	-	Определение допустимого полезного напряжения, $[\delta F]$	П	Ал.]
c4.18.1	-	Определение приведенного полезного напряжения $[\delta F]_0$	П	Ал.	[
c5.22.1	-	Выбор коэффициента A из таблицы (1.5) приложения 1	Э	С	/
c5.23.1	-	Выбор коэффициента W из таблицы (1.5) приложения 1	Э	С	/
c5.24.1	-	Расчет $[\delta F]_0$	Э	Ан.]
c4.19.1	-	Определение коэффициента C_0 в зависимости от скорости и типа натяжения ремня	П	Ан.	#?
c5.25.1	-	При автоматическом натяжении $C_0=1$	Э	Э	/
c5.26.1	-	Для синтетических быстроходных ремней ввиду высоких натяжений коэффициент $C_0=1$	Э	Э	/
c5.27.1	-	Для передач с неавтоматическим натяжением прорезиненного ремня, в зависимости от угла наклона оси передачи к горизонту	П	Ан.	#?
c63.1	-	Коэффициент $C_0=1,0$ при угле наклона оси передачи к горизонту $0...60^\circ$	Э	Э	/
c64.1	-	Коэффициент $C_0=0,9$ при угле наклона оси передачи к горизонту $60...80^\circ$	Э	Э	/
c65.1	-	Коэффициент $C_0=0,8$ при угле наклона оси передачи к горизонту $80...90^\circ$	Э	Э	/
c4.20.1	-	Выбор коэффициента C_1 из таблицы (1.6) приложения 1	Э	С	/
c4.21.1	-	Выбор коэффициента C_2 , учитывающего влияние центробежной силы из таблицы (1.7) приложения 1	Э	С	/
c4.22.1	-	Выбор коэффициента C_3 из таблицы (1.8) приложения 1	Э	С	/
c4.23.1	-	Определение ширины ремня b по полезному напряжению	П	Ал.]
c5.28.1	-	Расчет ширины ремня, b	Э	Ан.	/
c5.29.1	-	Округление ширины ремня до большего стандартного значения, по таблице (1.3, 1.4, 1.9) приложения 1	Э	С]

Рисунок А.17 – Фрагмент спецификации P5 в рамках задачи по проектировочному расчету для плоскоремённых передач

Код	Тип	Наименование	Статус	Степень формализации	Структурное свойство
c11.1	-	Проверочный расчет плоскоременной передачи	П	Ал.	[
c21.1	-	Условия в ременной передаче	П	Ал.	[
c31.1	-	Определение усилий, действующих на вал от натяжений ветвей	П	Ал.	[
c41.1	-	Определение усилий	П	Ал.	[
c51.1	-	Определение суммарного усилия, R_{Σ}	П	Ал.	[
e61.1	-	Определение усилий в ведущей ветви ремня, Q_1	Э	Ан.	[
e62.1	-	Определение усилий в ведомой ветви, Q_2	Э	Ан.	[
e63.1	-	Определение угла γ между ветвями ремня	Э	Ан.	[
e64.1	-	Расчет R_{Σ}	Э	Ан.]
e52.1	-	Определение усилия R , действующее на вал по линии центров	Э	Ан.	[
e53.1	-	Определение усилия R_{\max}	Э	Ан.]
e42.1	-	Определение угла отклонения θ от линии центров в направлении вращения каждого из шкивов	Э	Ан.]
e32.1	-	Определение начального натяжения ветви, Q_0	П	Ал.	[[
e43.1	-	Определение коэффициента λ , учитывающий влияние центробежных сил на прикате ремня к шкиву, в зависимости от типа натяжения ремня	П	Ан.	#?
e54.1	-	$\lambda \leq 1$	Э	Э	/
e55.1	-	$\lambda \geq 0$	Э	Э	/
e44.1	-	Определение напряжения от центробежных сил, $\sigma_{\text{ц}}$	П	Ал.	[
e56.1	-	Выбор плотности ремня ρ из таблицы (1.1) приложения 1	Э	С	[
e57.1	-	Расчет $\sigma_{\text{ц}}$	Э	Ан.]
e45.1	-	Расчет Q_0	Э	Ан.]
e22.1	-	Расчет ремней на долговечность	П	Ал.	[[
e33.1	-	Определение максимальных напряжений в ремне, σ_{\max}	П	Ал.	[
e46.1	-	Определение напряжения изгиба в ремне на малом шкиве, $\sigma_{\text{и}}$	П	Ал.	[
e58.1	-	Выбор модуля упругости при изгибе, $E_{\text{и}}$ из таблицы (1.1) приложения 1	Э	С	[
e59.1	-	Расчет напряжения изгиба в ремне на малом шкиве, $\sigma_{\text{и}}$	Э	Ан.]
e47.1	-	Определение напряжения растяжения в ремне, $\sigma_{\text{р}}$	Э	Ан.]
e48.1	-	Расчет σ_{\max}	Э	Ан.]
e34.1	-	Определение долговечностей ремня	П	Ал.	[[
e49.1	-	Определение долговечности прорезиненного ремня при постоянном режиме работы, $\tau_{\text{пр}}(\text{рем})$	Э	Ан.	[
e410.1	-	Определение долговечности ремня $\tau_{\text{пр}}(\text{рем})$, для общего случая при переменном режиме	П	Ал.	[[
e510.1	-	Определение коэффициента $S_{\text{н}}$, учитывающий условия нагружения ремня	П	Ал.	[
e65.1	-	Выбор отношения $\sigma_{\text{р}}/\sigma_{\text{и}}$ из таблицы (1.12) приложения 1	Э	С	[
e66.1	-	Расчет $S_{\text{н}}$	Э	Ан.]
e511.1	-	Определение коэффициента $S_{\text{р}}$, учитывающий переменность режима	П	Ал.	[
e67.1	1	Определение коэффициента $e_{\text{к}}$, указывающий какую часть общего времени ремень работает при переменном режиме	Э	Э	[
e68.1	-	Расчет $S_{\text{р}}$	Э	Ан.]
e512.1	-	Расчет $\tau_{\text{пр}}(\text{рем})$	Э	Ан.]

Рисунок А.18 – Спецификация Р5 в рамках задачи по проверочному расчету для плоскоременных передач

Код	Тип	Наименование	Статус	Степень формализации	Структурное свойство
e11.1	-	Расчет плоскоременной передачи	П	Ал.	[
e21.1	-	Проектировочный расчет	П	Ал.	[
e31.1	-	Выбор материала и типа ремня в зависимости от скорости передачи	П	Ан.	#?
e41.1	-	Выбор материала и типа ремня для среднескоростной передачи	Э	Э	/
e42.1	-	Выбор материала и типа ремня для быстрходной передачи	Э	Э	/
e43.1	-	Выбор материала и типа ремня для сверхбыстрходной передачи	Э	Э	/
e32.1	1	Определение частоты вращения меньшего шкива, n_1	Э	Ан.	[
e33.1	-	Расчет и выбор размеров и параметров передачи	Э	Ал.	[
e44.1	-	Определение параметров для диаметра меньшего шкива, D_1 , по нескольким методам	П	Ан.	#?
e51.1	-	Метод 1 по формуле М.А. Саверина	П	Ал.	[/
e61.1	-	Определение мощности, N специалистом	Э	Э	[
e62.1	-	Расчет диаметра меньшего шкива, D_1	Э	Ан.]
e52.1	-	Метод 2. Исходя из ориентировочной скорости ремня	П	Ал.	[/
e63.1	-	Определение скорости ремня, v	Э	С	[
e64.1	-	Расчет диаметра меньшего шкива, D_1	Э	Ан.]
e53.1	-	Метод 3 исходя из габаритов установки	Э	Э	[/
e54.1	-	Метод 4 В зависимости от толщины ремня δ	П	Ал.	[/
e65.1	-	Выбор толщины ремня, δ из таблицы (1.4) приложения 1	Э	С	[
e66.1	-	Выбор диаметра меньшего шкива, D_1 из таблицы (1.2) приложения 1	Э	С]
e45.1	-	Определение диаметра большего шкива	П	Ал.	[
e55.1	1	Определение коэффициента скольжения ремня ϵ специалистом	Э	Э	[
e56.1	1	Определение частоты вращения большего шкива, n_2 специалистом	Э	Э	[
e57.1	-	Определение передаточного числа ремня, $u(\text{рем})$	Э	Ан.	[
e58.1	-	Определение диаметра большего шкива в зависимости от режима работы передачи, D_2	П	Ан.	#?]
e67.1	-	Расчет диаметра большего шкива для понижающей передачи, D_2	Э	Ан.	/
e68.1	-	Расчет диаметра большего шкива для повышающей передачи, D_2	Э	Ан.	/
e46.1	-	Определение межосевого расстояния, $a_{\text{шп}}$	П	Ал.	[
e59.1	-	Определение коэффициента $K_{\text{шп}}$ в зависимости от скорости передачи	П	Ан.	#?
e69.1	-	$K_{\text{шп}}=1,5$ для быстрходных передач	Э	Э	/
e610.1	-	$K_{\text{шп}}=2$ для среднескоростных передач	Э	Э	/
e510.1	-	Расчет $a_{\text{шп}}$	Э	Ан.]
e47.1	-	Определение длины ремня	П	Ал.	[
e511.1	-	Определение длины ремня, L	Э	Ан.	[
e512.1	-	Определение минимальной длины ремня, $L_{\text{мин}}$	П	Ал.	[[
e611.1	-	Определение частоты пробега ремня в секунду в зависимости от типа и материала ремня, скорости передачи, i	П	Ан.	#?
e71.1	-	Определение частоты пробега ремня в секунду для среднескоростных передач, $i_{\text{ч}}$	Э	Э	/
e72.1	-	Определение частоты пробега ремня в секунду для быстрходных передач с синтетическими ремнями, $i_{\text{ч}}$	Э	Э	/
e612.1	-	Расчет $L_{\text{шп}}$	Э	Ан.]
e48.1	-	Определение окончательного межосевого расстояния a по окончательно выбранной длине ремня	П	Ал.	[
e513.1	-	Определение λ	П	Ал.	[
e613.1	-	Определение среднего диаметра, $D_{\text{ср}}$	Э	Ан.	[
e614.1	-	Расчет λ	Э	Ан.]
e514.1	-	Определение Δ	Э	Ан.	[
e515.1	-	Расчет a	Э	Ан.]
e49.1	-	Определение угла обхвата на меньшем шкиве, α_1	Э	Ан.]
e34.1	-	Расчет сечений ремня	П	Ал.	[[
e410.1	-	Определение окружной силы, F	Э	Ан.	[
e411.1	-	Выбор начального напряжения ремня, σ_0 , в зависимости от типа и материала ремня	П	Ан.	#?
e516.1	-	Выбор начального напряжения ремня, σ_0 для прорезиненных ремней в зависимости от межосевого расстояния и типа натяжения	П	Ан.	#?
e615.1	-	При малом межосевом расстоянии и вертикальном и близком к нему расположении ремня, $\sigma_0=1,6$	Э	Э	/
e616.1	-	При постоянном, но достаточном межосевом расстоянии и угле наклона привода не более 60 градусов, $\sigma_0=1,8$	Э	Э	/
e617.1	-	При автоматически регулируемом постоянном натяжении, $\sigma_0=2,0$	Э	Э	/
e618.1	-	При автоматически регулируемом переменном натяжении, $\sigma_0=2,4$	Э	Э	/

Рисунок А.19 – Фрагмент № 1 Спецификации Р5 в рамках комплекса задач по расчетам (проектировочный и проверочный) для плоскоременных передач

ИС2 Плоскоремённые передачи Проект+Провер

Признаки Формирование СПМ Спецификации Матричная диаграмма Декомпозиция Отображение Интеграция

Форма Р1 Форма Р2 Форма Р3 Форма Р4 Форма Р5 Форма Р6

Порядок сортировки Рекурсивный обзор

e6.18.1	-	При автоматически регулируемом переменном натяжении, $e_0=2,4$	Э	Э	/
e5.17.1	-	Выбор начального натяжения ремня, об/д для синтетических ремней в зависимости от диаметра меньшего шкива, толщины ремня и типа натяжения	П	Ан.	#?
e6.19.1	-	$e_0=4,5$ - при периодическом регулировании межосевого расстояния и $D1 \delta < 80$	Э	Э	/
e6.20.1	-	$e_0=7,5$ - при автоматически регулируемом постоянном натяжении и $D1 \delta > 80$	Э	Э	/
e6.21.1	-	$e_0=10$ - при автоматически регулируемом переменном натяжении и $D1 \delta > 100$	Э	Э	/
e4.12.1	-	Определение допустимого полезного натяжения, (δF)	П	Ал.	[
e5.18.1	-	Определение приведенного полезного натяжения (δF)	П	Ал.	[
e6.22.1	-	Выбор коэффициента А из таблицы (1.5) приложения 1	Э	С	[
e6.23.1	-	Выбор коэффициента W из таблицы (1.5) приложения 1	Э	С	[
e6.24.1	-	Расчет (δF)	Э	Ан.]
e5.19.1	-	Определение коэффициента C_0 в зависимости от скорости и типа натяжения ремня	П	Ан.	#?
e6.25.1	-	При автоматическом натяжении $C_0=1$	Э	Э	/
e6.26.1	-	Для синтетических быстрозажатых ремней ввиду высоких натяжений коэффициент $C_0=1$	Э	Э	/
e6.27.1	-	Для передачи с неавтоматическим натяжением прорезиненного ремня, в зависимости от угла наклона оси передачи к горизонту	П	Ан.	#?
e7.3.1	-	Коэффициент $C_0=1,0$ при угле наклона оси передачи к горизонту $0, 60^\circ$	Э	Э	/
e7.4.1	-	Коэффициент $C_0=0,9$ при угле наклона оси передачи к горизонту $60, 90^\circ$	Э	Э	/
e7.5.1	-	Коэффициент $C_0=0,8$ при угле наклона оси передачи к горизонту $60, 90^\circ$	Э	Э	/
e5.20.1	-	Выбор коэффициента C_1 из таблицы (1.6) приложения 1	Э	С	[
e5.21.1	-	Выбор коэффициента C_2 , учитывающего влияние центробежной силы из таблицы (1.7) приложения 1	Э	С	[
e5.22.1	-	Выбор коэффициента C_3 из таблицы (1.8) приложения 1	Э	С	[
e5.23.1	-	Определение ширины ремня b по полезному натяжению	П	Ал.]
e6.28.1	-	Расчет ширины ремня, b	Э	Ан.]
e6.29.1	-	Округление ширины ремня до большего стандартного значения, по таблице (1.3, 1.4, 1.9) приложения 1	Э	С]
e2.2.1	-	Проверочный расчет плоскоремённой передачи	П	Ал.]
e3.5.1	-	Усилия в ремённой передаче	П	Ал.	[
e4.13.1	-	Определение усилий, действующих на вал от натяжений ветвей	П	Ал.	[
e5.24.1	-	Определение усилий	П	Ал.	[
e6.30.1	-	Определение суммарного усилия, $R_{сум}$	П	Ал.	[
e7.6.1	-	Определение усилий в ведущей ветви ремня, Q_1	Э	Ан.]
e7.7.1	-	Определение усилий в ведомой ветви, Q_2	Э	Ан.]
e7.8.1	-	Определение угла γ_1 между ветвями ремня	Э	Ан.]
e7.9.1	-	Расчет $R_{сум}$	Э	Ан.]
e6.31.1	-	Определение усилия R_x , действующее на вал по линии центров	Э	Ан.]
e6.32.1	-	Определение усилия R_{max}	Э	Ан.]
e5.25.1	-	Определение угла отклонения θ от линии центров в направлении вращения каждого из шкивов	Э	Ан.]
e4.14.1	-	Определение начального натяжения ветви, Q_0	П	Ал.]
e5.26.1	-	Определение коэффициента μ , учитывающий влияние центробежных сил на прижатие ремня к шкиву, в зависимости от типа натяжения ремня	П	Ан.	#?
e6.33.1	-	$\mu=1$	Э	Э	/
e6.34.1	-	$\mu=0$	Э	Э	/
e5.27.1	-	Определение натяжения от центробежных сил, o_1	П	Ал.	[
e6.35.1	-	Выбор плотности ремня ρ из таблицы (1.1) приложения 1	Э	С	[
e6.36.1	-	Расчет o_1	Э	Ан.]
e5.28.1	-	Расчет Q_0	Э	Ан.]
e3.6.1	-	Расчет ремней на долговечность	П	Ал.]
e4.15.1	-	Определение максимальных напряжений в ремне, σ_{max}	П	Ал.	[
e5.29.1	-	Определение напряжения изгиба в ремне на малом шкиве, σ_i	П	Ал.	[
e6.37.1	-	Выбор модуля упругости при изгибе, E_n из таблицы (1.1) приложения 1	Э	С	[
e6.38.1	-	Расчет напряжения изгиба в ремне на малом шкиве, σ_i	Э	Ан.]
e5.30.1	-	Определение напряжения растяжения в ремне, σ_r	Э	Ан.]
e5.31.1	-	Расчет σ_{max}	Э	Ан.]
e4.16.1	-	Определение долговечности ремня	П	Ал.]
e5.32.1	-	Определение долговечности прорезиненного ремня при постоянном режиме работы, $n_{60}(rem)$	Э	Ан.]
e5.33.1	-	Определение долговечности ремня $n_{60}(rem)$, для общего случая при переменном режиме	П	Ал.]
e6.39.1	-	Определение коэффициента S_n , учитывающий условия нагружения ремня	П	Ал.	[
e7.10.1	-	Выбор отношения o_r из таблицы (1.12) приложения 1	Э	С	[
e7.11.1	-	Расчет S_n	Э	Ан.]
e6.40.1	-	Определение коэффициента S_r , учитывающий переменность режима	П	Ал.	[
e7.12.1	-	Определение коэффициента e_k , учитывающий какую часть общего времени ремень работает при переменном режиме	Э	Э	[
e7.13.1	-	Расчет S_r	Э	Ан.]
e6.41.1	-	Расчет $n(rem)$	Э	Ан.]

Рисунок А.20 – Фрагмент № 2 Спецификации Р5 в рамках комплекса задач по расчетам (проектировочный и проверочный) для плоскоремённых передач

ИС2 Плоскоремённые передачи Проект

Признаки Формирование СПМ Спецификации Матричная диаграмма Декомп

Форма Р1 Форма Р2 Форма Р3 Форма Р4 Форма Р5 Форма Р6

Код ПМ-1	Код ПМ-2	Код ПМ-3	Оценка	Вид	Код
e11.1	e21.1	e22.1	Последовательность	К	e11.1e21.1e22.1
e11.1	e22.1	e23.1	Последовательность	К	e11.1e22.1e23.1
e11.1	e23.1	e24.1	Последовательность	К	e11.1e23.1e24.1
e21.1	e31.1	-	Альтернатива	К	e21.1e31.1-
e21.1	e32.1	-	Альтернатива	К	e21.1e32.1-
e21.1	e33.1	-	Альтернатива	К	e21.1e33.1-
e23.1	e34.1	e35.1	Последовательность	К	e23.1e34.1e35.1
e23.1	e35.1	e36.1	Последовательность	К	e23.1e35.1e36.1
e23.1	e36.1	e37.1	Последовательность	К	e23.1e36.1e37.1
e23.1	e37.1	e38.1	Последовательность	К	e23.1e37.1e38.1
e23.1	e38.1	e39.1	Последовательность	К	e23.1e38.1e39.1
e24.1	e3.10.1	e3.11.1	Последовательность	К	e24.1e3.10.1e3.11.1
e24.1	e3.11.1	e3.12.1	Последовательность	К	e24.1e3.11.1e3.12.1
e34.1	e41.1	-	Альтернатива	К	e34.1e41.1-
e34.1	e42.1	-	Альтернатива	К	e34.1e42.1-
e34.1	e43.1	-	Альтернатива	К	e34.1e43.1-
e34.1	e44.1	-	Альтернатива	К	e34.1e44.1-
e35.1	e45.1	e46.1	Последовательность	К	e35.1e45.1e46.1
e35.1	e46.1	e47.1	Последовательность	К	e35.1e46.1e47.1
e35.1	e47.1	e48.1	Последовательность	К	e35.1e47.1e48.1
e36.1	e49.1	e4.10.1	Последовательность	К	e36.1e49.1e4.10.1
e37.1	e4.11.1	e4.12.1	Последовательность	К	e37.1e4.11.1e4.12.1
e38.1	e4.13.1	e4.14.1	Последовательность	К	e38.1e4.13.1e4.14.1
e38.1	e4.14.1	e4.15.1	Последовательность	К	e38.1e4.14.1e4.15.1

Рисунок А.21 – Фрагмент спецификации Р6 в рамках задачи по проектировочному расчету для плоскоремённых передач

ИС2 Плоскоременные передачи Провер						
Признаки		Формирование СПМ		Спецификации	Матричная диаграмма	Декомпозиция
Форма Р1	Форма Р2	Форма Р3	Форма Р4	Форма Р5	Форма Р6	

Код ПМ-1	Код ПМ-2	Код ПМ-3	Оценка	Вид	Код
c11.1	c21.1	c22.1	Последовательность	К	c11.1c21.1c22.1
c21.1	c31.1	c32.1	Последовательность	К	c21.1c31.1c32.1
c22.1	c33.1	c34.1	Последовательность	К	c22.1c33.1c34.1
c31.1	c41.1	c42.1	Последовательность	К	c31.1c41.1c42.1
c32.1	c43.1	c44.1	Последовательность	К	c32.1c43.1c44.1
c32.1	c44.1	c45.1	Последовательность	К	c32.1c44.1c45.1
c33.1	c46.1	c47.1	Последовательность	К	c33.1c46.1c47.1
c33.1	c47.1	c48.1	Последовательность	К	c33.1c47.1c48.1
c34.1	c49.1	c4.10.1	Последовательность	К	c34.1c49.1c4.10.1
c41.1	c51.1	c52.1	Последовательность	К	c41.1c51.1c52.1
c41.1	c52.1	c53.1	Последовательность	К	c41.1c52.1c53.1
c43.1	c54.1	-	Альтернатива	К	c43.1c54.1-
c43.1	c55.1	-	Альтернатива	К	c43.1c55.1-
c44.1	c56.1	c57.1	Последовательность	К	c44.1c56.1c57.1
c46.1	c58.1	c59.1	Последовательность	К	c46.1c58.1c59.1
c4.10.1	c5.10.1	c5.11.1	Последовательность	К	c4.10.1c5.10.1c5.11.1
c4.10.1	c5.11.1	c5.12.1	Последовательность	К	c4.10.1c5.11.1c5.12.1
c51.1	c61.1	c62.1	Последовательность	К	c51.1c61.1c62.1
c51.1	c62.1	c63.1	Последовательность	К	c51.1c62.1c63.1
c51.1	c63.1	c64.1	Последовательность	К	c51.1c63.1c64.1
c5.10.1	c65.1	c66.1	Последовательность	К	c5.10.1c65.1c66.1
c5.11.1	c67.1	c68.1	Последовательность	К	c5.11.1c67.1c68.1
c11.1	c21.1	-	1	С	c11.1c21.1-
c11.1	c22.1	-	1	С	c11.1c22.1-
c21.1	c31.1	-	1	С	c21.1c31.1-
c21.1	c32.1	-	1	С	c21.1c32.1-
c22.1	c33.1	-	1	С	c22.1c33.1-
c22.1	c34.1	-	1	С	c22.1c34.1-
c31.1	c41.1	-	1	С	c31.1c41.1-
c31.1	c42.1	-	1	С	c31.1c42.1-
c32.1	c43.1	-	1	С	c32.1c43.1-
c32.1	c44.1	-	1	С	c32.1c44.1-
c32.1	c45.1	-	1	С	c32.1c45.1-
c33.1	c46.1	-	1	С	c33.1c46.1-
c33.1	c47.1	-	1	С	c33.1c47.1-
c33.1	c48.1	-	1	С	c33.1c48.1-
c34.1	c49.1	-	1	С	c34.1c49.1-
c34.1	c4.10.1	-	1	С	c34.1c4.10.1-
c41.1	c51.1	-	1	С	c41.1c51.1-
c41.1	c52.1	-	1	С	c41.1c52.1-
c41.1	c53.1	-	1	С	c41.1c53.1-
c43.1	c54.1	-	1	С	c43.1c54.1-
c43.1	c55.1	-	1	С	c43.1c55.1-
c44.1	c56.1	-	1	С	c44.1c56.1-
c44.1	c57.1	-	1	С	c44.1c57.1-
c46.1	c58.1	-	1	С	c46.1c58.1-
c46.1	c59.1	-	1	С	c46.1c59.1-
c4.10.1	c5.10.1	-	1	С	c4.10.1c5.10.1-
c4.10.1	c5.11.1	-	1	С	c4.10.1c5.11.1-
c4.10.1	c5.12.1	-	1	С	c4.10.1c5.12.1-
c51.1	c61.1	-	1	С	c51.1c61.1-
c51.1	c62.1	-	1	С	c51.1c62.1-
c51.1	c63.1	-	1	С	c51.1c63.1-
c51.1	c64.1	-	1	С	c51.1c64.1-
c5.10.1	c65.1	-	1	С	c5.10.1c65.1-
c5.10.1	c66.1	-	1	С	c5.10.1c66.1-
c5.11.1	c67.1	-	1	С	c5.11.1c67.1-
c5.11.1	c68.1	-	1	С	c5.11.1c68.1-

Рисунок А.22 – Спецификация Р6 в рамках задачи по проверочному расчету для плоскоременных передач

ИС2 Плоскоремённые передачи Проект+Провер						
Признаки		Формирование СПМ		Спецификации	Матричная диаграмма	
Форма Р1	Форма Р2	Форма Р3	Форма Р4	Форма Р5	Форма Р6	
Код ПМ-1	Код ПМ-2	Код ПМ-3	Оценка	Вид	Код	
c11.1	c21.1	c22.1	Последовательность	К	c11.1c21.1c22.1	
c21.1	c31.1	c32.1	Последовательность	К	c21.1c31.1c32.1	
c21.1	c32.1	c33.1	Последовательность	К	c21.1c32.1c33.1	
c21.1	c33.1	c34.1	Последовательность	К	c21.1c33.1c34.1	
c22.1	c35.1	c36.1	Последовательность	К	c22.1c35.1c36.1	
c31.1	c41.1	-	Альтернатива	К	c31.1c41.1-	
c31.1	c42.1	-	Альтернатива	К	c31.1c42.1-	
c31.1	c43.1	-	Альтернатива	К	c31.1c43.1-	
c33.1	c44.1	c45.1	Последовательность	К	c33.1c44.1c45.1	
c33.1	c45.1	c46.1	Последовательность	К	c33.1c45.1c46.1	
c33.1	c46.1	c47.1	Последовательность	К	c33.1c46.1c47.1	
c33.1	c47.1	c48.1	Последовательность	К	c33.1c47.1c48.1	
c33.1	c48.1	c49.1	Последовательность	К	c33.1c48.1c49.1	
c34.1	c4.10.1	c4.11.1	Последовательность	К	c34.1c4.10.1c4.11.1	
c34.1	c4.11.1	c4.12.1	Последовательность	К	c34.1c4.11.1c4.12.1	
c35.1	c4.13.1	c4.14.1	Последовательность	К	c35.1c4.13.1c4.14.1	
c36.1	c4.15.1	c4.16.1	Последовательность	К	c36.1c4.15.1c4.16.1	
c44.1	c51.1	-	Альтернатива	К	c44.1c51.1-	
c44.1	c52.1	-	Альтернатива	К	c44.1c52.1-	
c44.1	c53.1	-	Альтернатива	К	c44.1c53.1-	
c44.1	c54.1	-	Альтернатива	К	c44.1c54.1-	
c45.1	c55.1	c56.1	Последовательность	К	c45.1c55.1c56.1	
c45.1	c56.1	c57.1	Последовательность	К	c45.1c56.1c57.1	
c45.1	c57.1	c58.1	Последовательность	К	c45.1c57.1c58.1	
c46.1	c59.1	c5.10.1	Последовательность	К	c46.1c59.1c5.10.1	
c47.1	c5.11.1	c5.12.1	Последовательность	К	c47.1c5.11.1c5.12.1	
c48.1	c5.13.1	c5.14.1	Последовательность	К	c48.1c5.13.1c5.14.1	
c48.1	c5.14.1	c5.15.1	Последовательность	К	c48.1c5.14.1c5.15.1	
c4.11.1	c5.16.1	-	Альтернатива	К	c4.11.1c5.16.1-	
c4.11.1	c5.17.1	-	Альтернатива	К	c4.11.1c5.17.1-	
c4.12.1	c5.18.1	c5.19.1	Последовательность	К	c4.12.1c5.18.1c5.19.1	
c4.12.1	c5.19.1	c5.20.1	Последовательность	К	c4.12.1c5.19.1c5.20.1	
c4.12.1	c5.20.1	c5.21.1	Последовательность	К	c4.12.1c5.20.1c5.21.1	
c4.12.1	c5.21.1	c5.22.1	Последовательность	К	c4.12.1c5.21.1c5.22.1	
c4.12.1	c5.22.1	c5.23.1	Последовательность	К	c4.12.1c5.22.1c5.23.1	
c4.13.1	c5.24.1	c5.25.1	Последовательность	К	c4.13.1c5.24.1c5.25.1	
c4.14.1	c5.26.1	c5.27.1	Последовательность	К	c4.14.1c5.26.1c5.27.1	
c4.14.1	c5.27.1	c5.28.1	Последовательность	К	c4.14.1c5.27.1c5.28.1	
c4.15.1	c5.29.1	c5.30.1	Последовательность	К	c4.15.1c5.29.1c5.30.1	
c4.15.1	c5.30.1	c5.31.1	Последовательность	К	c4.15.1c5.30.1c5.31.1	
c4.16.1	c5.32.1	c5.33.1	Последовательность	К	c4.16.1c5.32.1c5.33.1	
c51.1	c61.1	c62.1	Последовательность	К	c51.1c61.1c62.1	
c52.1	c63.1	c64.1	Последовательность	К	c52.1c63.1c64.1	
c54.1	c65.1	c66.1	Последовательность	К	c54.1c65.1c66.1	
c58.1	c67.1	-	Альтернатива	К	c58.1c67.1-	
c58.1	c68.1	-	Альтернатива	К	c58.1c68.1-	
c59.1	c69.1	-	Альтернатива	К	c59.1c69.1-	
c59.1	c6.10.1	-	Альтернатива	К	c59.1c6.10.1-	
c5.12.1	c6.11.1	c6.12.1	Последовательность	К	c5.12.1c6.11.1c6.12.1	
c5.13.1	c6.13.1	c6.14.1	Последовательность	К	c5.13.1c6.13.1c6.14.1	
c5.16.1	c6.15.1	-	Альтернатива	К	c5.16.1c6.15.1-	
c5.16.1	c6.16.1	-	Альтернатива	К	c5.16.1c6.16.1-	
c5.16.1	c6.17.1	-	Альтернатива	К	c5.16.1c6.17.1-	
c5.16.1	c6.18.1	-	Альтернатива	К	c5.16.1c6.18.1-	
c5.17.1	c6.19.1	-	Альтернатива	К	c5.17.1c6.19.1-	
c5.17.1	c6.20.1	-	Альтернатива	К	c5.17.1c6.20.1-	

Рисунок А.23 – Фрагмент № 1 Спецификации Р6 в рамках комплекса задач по расчетам (проектировочный и проверочный) для плоскоремённых передач

ИС2 Плоскоремённые передачи Проект+Провер						
Признаки		Формирование СПМ		Спецификации		Матричная диаграмма
Форма Р1	Форма Р2	Форма Р3	Форма Р4	Форма Р5	Форма Р6	
c5.17.1	c6.19.1	-	Альтернатива	К	c5.17.1c6.19.1-	
c5.17.1	c6.20.1	-	Альтернатива	К	c5.17.1c6.20.1-	
c5.17.1	c6.21.1	-	Альтернатива	К	c5.17.1c6.21.1-	
c5.18.1	c6.22.1	c6.23.1	Последовательность	К	c5.18.1c6.22.1c6.23.1	
c5.18.1	c6.23.1	c6.24.1	Последовательность	К	c5.18.1c6.23.1c6.24.1	
c5.19.1	c6.25.1	-	Альтернатива	К	c5.19.1c6.25.1-	
c5.19.1	c6.26.1	-	Альтернатива	К	c5.19.1c6.26.1-	
c5.19.1	c6.27.1	-	Альтернатива	К	c5.19.1c6.27.1-	
c5.23.1	c6.28.1	c6.29.1	Последовательность	К	c5.23.1c6.28.1c6.29.1	
c5.24.1	c6.30.1	c6.31.1	Последовательность	К	c5.24.1c6.30.1c6.31.1	
c5.24.1	c6.31.1	c6.32.1	Последовательность	К	c5.24.1c6.31.1c6.32.1	
c5.26.1	c6.33.1	-	Альтернатива	К	c5.26.1c6.33.1-	
c5.26.1	c6.34.1	-	Альтернатива	К	c5.26.1c6.34.1-	
c5.27.1	c6.35.1	c6.36.1	Последовательность	К	c5.27.1c6.35.1c6.36.1	
c5.29.1	c6.37.1	c6.38.1	Последовательность	К	c5.29.1c6.37.1c6.38.1	
c5.33.1	c6.39.1	c6.40.1	Последовательность	К	c5.33.1c6.39.1c6.40.1	
c5.33.1	c6.40.1	c6.41.1	Последовательность	К	c5.33.1c6.40.1c6.41.1	
c6.11.1	c71.1	-	Альтернатива	К	c6.11.1c71.1-	
c6.11.1	c72.1	-	Альтернатива	К	c6.11.1c72.1-	
c6.27.1	c73.1	-	Альтернатива	К	c6.27.1c73.1-	
c6.27.1	c74.1	-	Альтернатива	К	c6.27.1c74.1-	
c6.27.1	c75.1	-	Альтернатива	К	c6.27.1c75.1-	
c6.30.1	c76.1	c77.1	Последовательность	К	c6.30.1c76.1c77.1	
c6.30.1	c77.1	c78.1	Последовательность	К	c6.30.1c77.1c78.1	
c6.30.1	c78.1	c79.1	Последовательность	К	c6.30.1c78.1c79.1	
c6.39.1	c7.10.1	c7.11.1	Последовательность	К	c6.39.1c7.10.1c7.11.1	
c6.40.1	c7.12.1	c7.13.1	Последовательность	К	c6.40.1c7.12.1c7.13.1	
c11.1	c21.1	-	1	С	c11.1c21.1-	
c11.1	c22.1	-	1	С	c11.1c22.1-	
c21.1	c31.1	-	1	С	c21.1c31.1-	
c21.1	c32.1	-	1	С	c21.1c32.1-	
c21.1	c33.1	-	1	С	c21.1c33.1-	
c21.1	c34.1	-	1	С	c21.1c34.1-	
c22.1	c35.1	-	1	С	c22.1c35.1-	
c22.1	c36.1	-	1	С	c22.1c36.1-	
c31.1	c41.1	-	1	С	c31.1c41.1-	
c31.1	c42.1	-	1	С	c31.1c42.1-	
c31.1	c43.1	-	1	С	c31.1c43.1-	
c33.1	c44.1	-	1	С	c33.1c44.1-	
c33.1	c45.1	-	1	С	c33.1c45.1-	
c33.1	c46.1	-	1	С	c33.1c46.1-	
c33.1	c47.1	-	1	С	c33.1c47.1-	
c33.1	c48.1	-	1	С	c33.1c48.1-	
c33.1	c49.1	-	1	С	c33.1c49.1-	
c34.1	c4.10.1	-	1	С	c34.1c4.10.1-	
c34.1	c4.11.1	-	1	С	c34.1c4.11.1-	
c34.1	c4.12.1	-	1	С	c34.1c4.12.1-	
c35.1	c4.13.1	-	1	С	c35.1c4.13.1-	
c35.1	c4.14.1	-	1	С	c35.1c4.14.1-	
c36.1	c4.15.1	-	1	С	c36.1c4.15.1-	
c36.1	c4.16.1	-	1	С	c36.1c4.16.1-	
c44.1	c51.1	-	1	С	c44.1c51.1-	
c44.1	c52.1	-	1	С	c44.1c52.1-	
c44.1	c53.1	-	1	С	c44.1c53.1-	
c44.1	c54.1	-	1	С	c44.1c54.1-	
c45.1	c55.1	-	1	С	c45.1c55.1-	
c45.1	c56.1	-	1	С	c45.1c56.1-	

Рисунок А.24 – Фрагмент № 2 Спецификации Р6 в рамках комплекса задач по расчетам (проектировочный и проверочный) для плоскоремённых передач

Приложение Б – Свидетельства о государственной регистрации
программ для ЭВМ

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



СВИДЕТЕЛЬСТВО

о государственной регистрации программы для ЭВМ

№ 2021616009

**Модуль интеграции динамической составляющей
концептуальной модели**

Правообладатель: *федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Московский государственный технологический
университет «СТАНКИН» (RU)*

Авторы: *Сидоров Антон Сергеевич (RU), Гаврилов Андрей
Геннадьевич (RU), Новоселова Ольга Вячеславовна (RU),
Волкова Галина Дмитриевна (RU)*

Заявка № **2021615079**

Дата поступления **09 апреля 2021 г.**

Дата государственной регистрации

в Реестре программ для ЭВМ **15 апреля 2021 г.**



*Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности*

Г.П. Ивлиев

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



СВИДЕТЕЛЬСТВО

о государственной регистрации программы для ЭВМ

№ 2021616067

**Модуль интеграции функциональной составляющей
инфологической модели**

Правообладатель: *федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Московский государственный технологический
университет «СТАНКИН» (RU)*

Авторы: *Сидоров Антон Сергеевич (RU), Гаврилов Андрей
Геннадьевич (RU), Новоселова Ольга Вячеславовна (RU),
Волкова Галина Дмитриевна (RU)*

Заявка № 2021615061

Дата поступления 09 апреля 2021 г.

Дата государственной регистрации

в Реестре программ для ЭВМ 15 апреля 2021 г.



Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

Г.П. Ивлиев

**Приложение В – Справки об использовании результатов
диссертационного исследования**



УТВЕРЖДАЮ

**Генеральный директор
ПАО «Долгопрудненское
Научно-Производственное Предприятие»
Олег Юрьевич Мартынов**

«18» *декабрь* 2023

СПРАВКА

об использовании результатов диссертационного исследования
Сидорова Антона Сергеевича

Результаты диссертационного исследования Сидорова Антона Сергеевича на тему «Разработка методов интеграции описаний моделей для проектируемых автоматизированных систем и средств их поддержки» были использованы в практической деятельности ПАО «Долгопрудненское Научно-Производственное Предприятие» в виде:

- 1) применения программного комплекса «ИС-2», включающего модули интеграции описаний моделей автоматизированных систем, разработанные в ходе выполнения диссертационной работы, для проектирования и разработки систем;
- 2) применения методик интеграции описаний моделей систем для обеспечения целостности модели автоматизированной системы, формируемой на комплекс задач.

Использование результатов диссертационного исследования в практической деятельности ПАО «Долгопрудненское Научно-Производственное Предприятие» позволило в 2,4 раза сократить временные ресурсы, затрачиваемые при интеграции описаний моделей предметных задач в единый комплекс предметных задач на этапах предпроектного обследования (начальное, концептуальное и инфологическое моделирование) и проектирования автоматизированной системы.

Начальник службы цифровизации
и развития информационных
технологий ПАО «ДНПП»



О.Ю. Кряжев

ПОДПИСЬ ЗАВЕРЯЮ
Начальник отдела кадров
Л.А. Полякова



МИНОБРНАУКИ РОССИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Московский государственный технологический университет «СТАНКИН»
(ФГБОУ ВО «МГТУ «СТАНКИН»)

СПРАВКА
об использовании в научных работах
результатов диссертационного исследования
Сидорова Антона Сергеевича

Результаты диссертационной работы Сидорова Антона Сергеевича на тему «Разработка методов интеграции описаний моделей для проектируемых автоматизированных систем и средств их поддержки» – методы и методики интеграции графических и табличных описаний моделей на этапах предпроектного обследования и проектирования автоматизированных систем, программные модули интеграции описаний для программного комплекса «ИС-2» были получены при выполнении инициативного проекта при поддержке Российского Фонда Фундаментальных Исследований № 17-29-07057 «Разработка методов реструктуризации и интеграции для семантических и синтаксических представлений при создании систем автоматизации процессов проектирования и управления» и использовались в научных работах кафедры «Информационные технологии и вычислительные системы» ФГБОУ ВО «МГТУ «СТАНКИН».

Проректор по научной
деятельности ФГБОУ ВО
«МГТУ «СТАНКИН»,
доктор техн. наук



/Колодяжный Дмитрий Юрьевич/

«15» 01 2024 г.



МИНОБРНАУКИ РОССИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Московский государственный технологический университет «СТАНКИН»
(ФГБОУ ВО «МГТУ «СТАНКИН»)

СПРАВКА
об использовании в учебном процессе
результатов диссертационного исследования
Сидорова Антона Сергеевича

Результаты диссертационной работы Сидорова Антона Сергеевича на тему «Разработка методов интеграции описаний моделей для проектируемых автоматизированных систем и средств их поддержки» использовались в учебном процессе кафедры «Информационные технологии и вычислительные системы» ФГБОУ ВО «МГТУ «СТАНКИН»:

- в качестве программных модулей учебно-проектного средства поддержки дисциплин «Базы данных», «Концептуальное моделирование проектных задач» при подготовке бакалавров по направлению 09.03.01 «Информатика и вычислительная техника» (направленности: «Модели, методы и программное обеспечение анализа проектных решений», «Программное обеспечение средств вычислительной техники и автоматизированных систем»);
- при выполнении выпускных квалификационных работ по направлениям 09.03.01 «Информатика и вычислительная техника» (направленности: «Модели, методы и программное обеспечение анализа проектных решений», «Программное обеспечение средств вычислительной техники и автоматизированных систем»), 09.04.01 «Информатика и вычислительная техника» (направленность «Управление программными продуктами и проектами»).

Проректор по образовательной
 деятельности и молодежной политике
 ФГБОУ ВО «МГТУ «СТАНКИН»
 канд. техн. наук, доцент



/Бильчук Мария Викторовна/

«15» 01 2024 г.