

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

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Москва – 2024

Работа выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Московский государственный технологический университет «СТАНКИН».

Научный руководитель: **Новоселова Ольга Вячеславовна**
кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой информационных технологий и вычислительных систем, ФГБОУ ВО «МГТУ «СТАНКИН», г. Москва

Официальные оппоненты: **Гурьев Александр Тимофеевич**
доктор технических наук, доцент, профессор кафедры информационных систем и информационной безопасности высшей школы информационных технологий и автоматизированных систем ФГАОУ ВО «Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова», г. Архангельск

Садовникова Наталья Петровна
доктор технических наук, профессор, профессор кафедры систем автоматизированного проектирования и поискового конструирования ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет», г. Волгоград

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «МИРЭА – Российский технологический университет», г. Москва

Защита диссертации состоится «25» июня 2024 г. в 12.00 ч. на заседании диссертационного совета 24.2.332.02 при ФГБОУ ВО «Московский государственный технологический университет «СТАНКИН» по адресу: 127994, г. Москва, Вадковский пер., д. 1.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на сайте ФГБОУ ВО «МГТУ «СТАНКИН», www.stankin.ru.

Автореферат разослан «___» _____ 20__ г.

Ученый секретарь
диссертационного совета
24.2.332.02, д.ф.-м.н.

Елисеева Юлия Витальевна

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. 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 взаимосвязанных 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 исследования. 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 автоматизированных систем и анализ существующих методологий и методов формирования моделей АС, 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.

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.

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.

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.

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

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 диссертации. 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.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении сформулирована актуальность работы, определены цели и задачи, решение которых необходимо осуществить, обосновываются научная новизна и практическая значимость работы, формулируются основные положения исследования.

Первая глава посвящена исследованию процесса разработки автоматизированных систем и методов их интеграции; проблемам интеграции на разных этапах создания АС; исследованию и анализу методологий, позволяющих формировать модели автоматизированных систем (в том числе МАИТ), и инструментальных средств их поддержки.

Исследование проблемы интеграции позволило выявить следующее:

1) интеграция преимущественно проводится на этапе реализации

автоматизированных систем, где осуществляется интеграция модулей (подсистем) АС в единый программный комплекс. При этом интеграция имеет многоуровневый характер – интегрируются разрабатываемые модули в рамках одной АС и различные АС в единый комплекс, и в обоих случаях применяются одинаковые принципы интеграции; 2) интеграция на этапе проектирования инвариантных к среде реализации моделей АС, 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. Поскольку создание автоматизированной системы не является одноразовым действием и процесс заключается в постепенном улучшении и дополнении первоначально разработанной модели АС и ее прототипа в дальнейшем новыми функциями, интеграция моделей является важной процедурой при проектировании АС.

При моделировании предметных задач, подлежащих автоматизации, используются методы и методологии, одной из которых является методология автоматизации интеллектуального труда, определяющая промышленный способ разработки АС.

Процесс создания автоматизированных систем по МАИТ содержит следующие этапы: предпроектное обследование, проектирование АС, подготовка реализации АС, реализация АС. В результате выполнения каждого из этапов формируются модельные представления – начальное, концептуальное, инфологическое и даталогическое. Процесс моделирования на каждом этапе состоит из набора процедур (рисунок 1): формирование обобщенной модели на комплекс задач (ФО), формирование локальной модели текущей задачи комплекса (ФЛ), анализ локальной модели текущей задачи (АНЛ), аналитическая обработка локальной модели текущей задачи (АнЛ), синтез локальной модели текущей задачи с обобщенной моделью (СОЛ), аналитическая обработка обобщенной модели (АнО), документирование сформированных моделей (ДО).

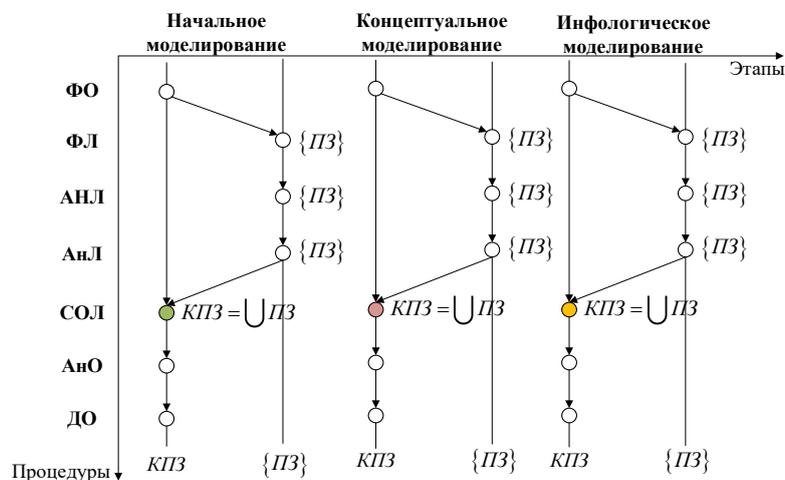


Рис. 1 Последовательность выполнения процедур на этапах по МАИТ
Каждая модель на каждом этапе включает описание составляющих,

характеризующих различные аспекты системы: информационную (статическую), функциональную или/и динамическую, модель в целом. Описание для каждой из составляющих модели формируется в виде спецификаций и диаграмм.

При создании сложных АС модель разрабатывают на комплекс задач и на каждую задачу в отдельности. В связи с этим для обеспечения целостности модели АС, определяющей решение комплекса задач, осуществляется процесс интеграции моделей. Интеграция предметных задач в комплекс осуществляется в соответствии с системными принципами, то есть задача может раскрываться через комплекс задач.

Для определения наличия механизмов интеграции описаний однородных моделей были исследованы методологии и методы моделирования (МАИТ, IDEF, DFD, UML, BPMN, ARIS, ДРАКОН). Сравнительный анализ проводился по следующим критериям: 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.

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, однако процедуры и методы не были разработаны.

В качестве анализируемых инструментальных средств, поддерживающих вышеописанные методы и методологии, были выбраны: Business Studio, CA ERwin Data Modeler, Microsoft Visual Modeler, IBM Rational Rose, ELMA, ARIS, ИС ДРАКОН, Microsoft Visio, ИС-2. Анализ проводился по следующим критериям: страна производитель; стоимость; поддержка нотаций; 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.

Проведённый сравнительный анализ позволил выявить следующее: только CA ERwin Data Modeler поддерживают функцию интеграции моделей автоматизированных систем, а в Business Studio активно разрабатывается, но применение данных инструментов для интеграции описаний моделей в рамках ИС-2 затруднено в силу несопоставимости моделей.

Основываясь на полученных выводах, была поставлена цель научно-квалификационной работы и сформулированы задачи для ее достижения. Определена необходимость разработки методов интеграции описаний моделей (начальных, концептуальных, инфологических) и средств их поддержки для программного комплекса ИС-2.

Во второй главе приведено формальное описание моделей в соответствии с МАИТ, представлены разработанные методы интеграции моделей и их

описаний для проектируемых автоматизируемых систем.

Моделирование в рамках МАИТ рассматривается на трех уровнях абстрагирования и для двух представлений: универсального представления и представления предметных задач (ПЗ). 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.

На рисунке 2 показана взаимосвязь универсальных представлений с представлениями ПЗ на разных этапах автоматизации ПЗ и для различных уровней абстрагирования, где НМП – начальное модельное представление (МП), КМП – концептуальное МП, ИЛМП – инфологическое МП; индексы обозначают уровни абстрагирования: 1 – абстрактный уровень, 2 – объектный уровень, 3 – конкретный уровень.

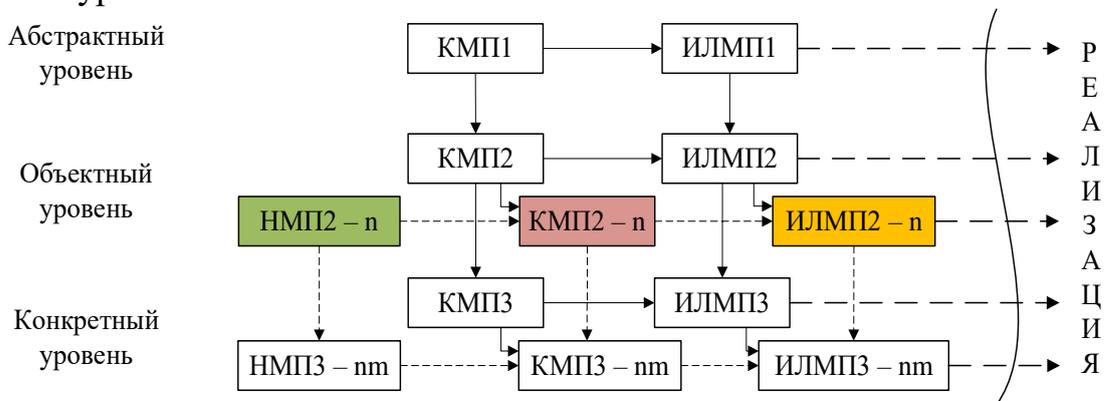


Рис. 2 Взаимосвязь универсальных представлений с представлениями ПЗ

Интеграция осуществляется в рамках комплекса, то есть локальная модель, определяющая ПЗ, интегрируется в обобщенную модель, описывающую комплекс ПЗ в целом. Интеграция моделей для проектируемых АС осуществляется отдельно для моделей каждого уровня и на уровне – по каждой составляющей.

Модель любого вида и уровня абстрагирования для n -й ПЗ в общем виде можно представить:

$$MPi(z) = \langle Si(z), SOi(z), DFi(z), Ri^{MP}(z) \rangle, \quad (1)$$

где при $i=2$ $z=n$ описывает модель (начальную или концептуальную, или инфологическую) n -й ПЗ объектного уровня, при $i=3$ $z=nm$ описывает модель m -й реализации n -й ПЗ конкретного уровня; $Si(z)$ – множество статических элементов; $SOi(z)$ – множество статических отношений на элементах; $DFi(z)$ – множество динамических или/и функциональных отношений на статических элементах; $Ri^{MP}(z)$ – отношения, описывающие взаимосвязи статической и динамической (или функциональной) составляющих модели любого уровня абстрагирования.

В рамках работы рассматриваются начальная, концептуальная и инфологическая модели для представлений предметных задач, формируемые на

объектном уровне абстрагирования.

Интеграцию начальных моделей n -ой ПЗ на объектном уровне можно представить как:

$$MP2_0 = \bigcup_n MP2(n). \quad (2)$$

Интеграция по составляющим начальных моделей объектного уровня для n -й ПЗ описывается следующим образом:

– интеграция множеств параметров:

$$X_0 = \bigcup_n X(n); \quad (3)$$

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

$$Y_0 = \bigcup_n Y(n); FN2_0 = \bigcup_n FN2(n). \quad (4)$$

Интеграцию концептуальных моделей на объектном уровне можно представить как:

$$KP2_0 = \bigcup_n KP2(n); \quad (5)$$

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

– интеграция множеств предметных категорий (ПК) и множеств бинарных связей между ними:

$$A_0 = \bigcup_n A(n); T2_0 = \bigcup_n T2(n); \quad (6)$$

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

$$\overline{W}_0 = \bigcup_n \overline{W}(n); \overline{FV}2_0 = \bigcup_n \overline{FV}2(n). \quad (7)$$

Интеграцию инфологических моделей на объектном уровне можно представить как:

$$ILP2_0 = \bigcup_n ILP2(n). \quad (8)$$

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

– интеграция множеств структурных единиц и множеств бинарных связей между ними:

$$C_0 = \bigcup_n C(n); D2_0 = \bigcup_n D2(n); \quad (9)$$

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

$$\overline{X}2_0 = \bigcup_n \overline{X}2(n); \overline{QX}2_0 = \bigcup_n \overline{QX}2(n); \quad (10)$$

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

$$\overline{R}_0 = \bigcup_n \overline{R}(n); \overline{QS2}_0 = \bigcup_n \overline{QS2}(n). \quad (11)$$

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

- 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 предметных задач возможности интеграции структур - для статической (информационной), 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.

С учётом вышеизложенного разработаны правила интеграции моделей, а также разработан и формально описан обобщённый алгоритм интеграции моделей для проектируемых АС, в том числе их описаний.

Схема процесса интеграции описаний моделей ПЗ в описание модели комплекса ПЗ представлена на рисунке 3.

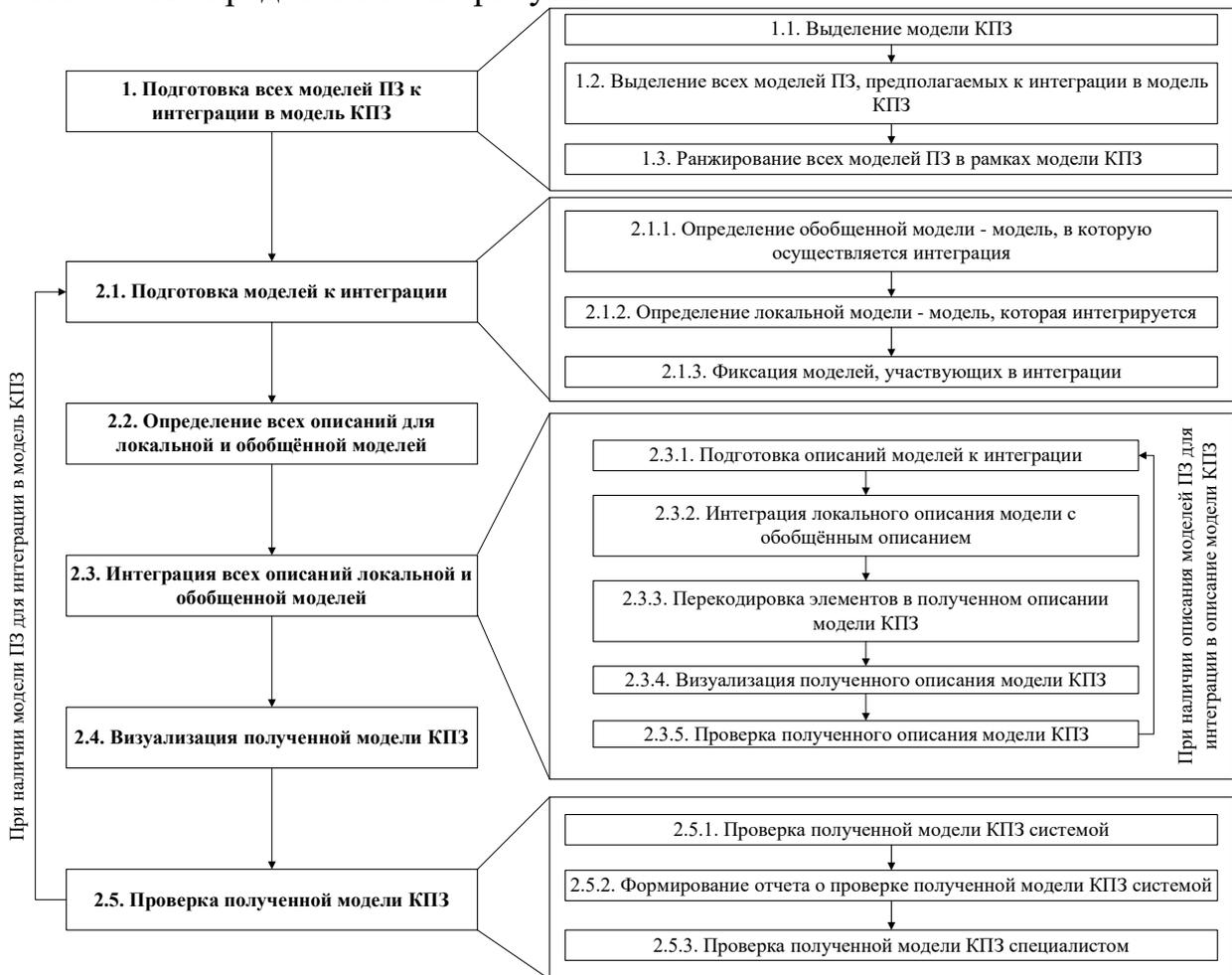


Рис. 3 Схема процесса интеграции описаний моделей ПЗ в описание модели комплекса ПЗ

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

B^{S_0} – множество элементов системы или структуры обобщённой модели и L^{S_0} – множество связей между элементами системы или структуры обобщённой модели, в которую осуществляется интеграция.

$B^{S(m)}$ – множество элементов системы или структуры локальной модели и $L^{S(m)}$ – множество связей между элементами системы или структуры локальной модели, которая интегрируется во множество элементов обобщённой модели.

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

При этом индекс S фиксирует структуру (концептуальную или инфологическую) или систему (предметных действий для начальной модели, предметных зависимостей 1 рода для концептуальной модели, предметных доступов 1 рода и предметных манипуляций 1 рода для инфологической модели).

Например, для концептуальной модели интегрируемой задачи $B^{\overline{F2}(m)}$ – множество элементов, описывающее предметные зависимости 1 рода; $L^{\overline{F2}(m)}$ – множество связей между предметными зависимостями; для концептуальной модели обновленной обобщенной модели $B^{SA_0^*}$ – множество элементов, описывающее предметные категории; $L^{SA_0^*}$ – множество связей между ПК и т.д.

Учитывая введенное унифицированное формальное описание элементов и связей, можно констатировать, что интеграция множества элементов и связей системы функциональной и/или динамической составляющих или статической структуры локальной модели с множеством элементов и связей той же системы или структуры обобщённой модели описывается следующим образом:

$$B^{S_0^*} = B^{S_0} \cup B^{S(m)}; L^{S_0^*} = L^{S_0} \cup L^{S(m)} \quad (12)$$

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

$$B^{S_0} \cap B^{S(m)} = b_{ij}^{S_0^*} \quad (13)$$

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

$$b_{cv}^{S(m)} \equiv b_{ps}^{S_0} \rightarrow b_{ps}^{S_0^*}, \quad (14)$$

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

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 статической или информационной составляющих структуры локальной модели с множеством элементов структуры обобщённой 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 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 множеств B^{S_0} , $B^{S(m)}$ будет получаться не пустое множество:

$$B^{S_0} \cap B^{S(m)} \neq \emptyset \quad (15)$$

При интеграции структур может возникнуть дублирование информации - данные коллизии распространены при интеграции описаний статических составляющих, но не исключены и в описаниях процессных составляющих. Эти 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, в том числе со структурами в вычислительной среде, дополнительно была формально описана интеграция форм описаний моделей: спецификаций и диаграмм.

Интеграция спецификаций рассматривалась в связи с тем, что в вычислительной среде хранение и обработка систем (предметных действий, зависимостей, доступов, манипуляций 1 рода) и структур (концептуальных, инфологических) осуществляется в табличной форме, а диаграммы как визуальное представление более информативны для восприятия специалистом при работе с моделями.

Рассмотрим на примере интеграции диаграмм процесс интеграции, включая перекодировку элементов (рисунок 4). Для упрощения описания интеграции диаграмм введены 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 $DTE^{S(m)}$ в DTE^{S_0} .

Примем во внимание, что диаграмма является в свою очередь графом:

$$DTE^{S(m)} = \{T^{S(m)}, E^{S(m)}\}, \quad (16)$$

где $T^{S(m)}$ – является множеством вершин, а $E^{S(m)}$ – множеством его ребер.

При этом граф в качестве вершин содержит множество элементов (предметных действий, зависимостей, доступов, манипуляций 1 рода, категорий, структурных единиц), а в качестве ребер – множество бинарных связей между элементами.

Учитывая вышеизложенное, интеграцию диаграмм DTE^{S_0} , $DTE^{S(m)}$ можно описать как:

$$DTE^{S_0^*} = DTE^{S_0} \cup DTE^{S(m)} \quad (17)$$

С учетом состава структур и введенных ранее обозначений, элементы диаграмм, принадлежащие системам $S_0, S(m)$ описываются так: $t_{kl}^{S_0}$ – 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.

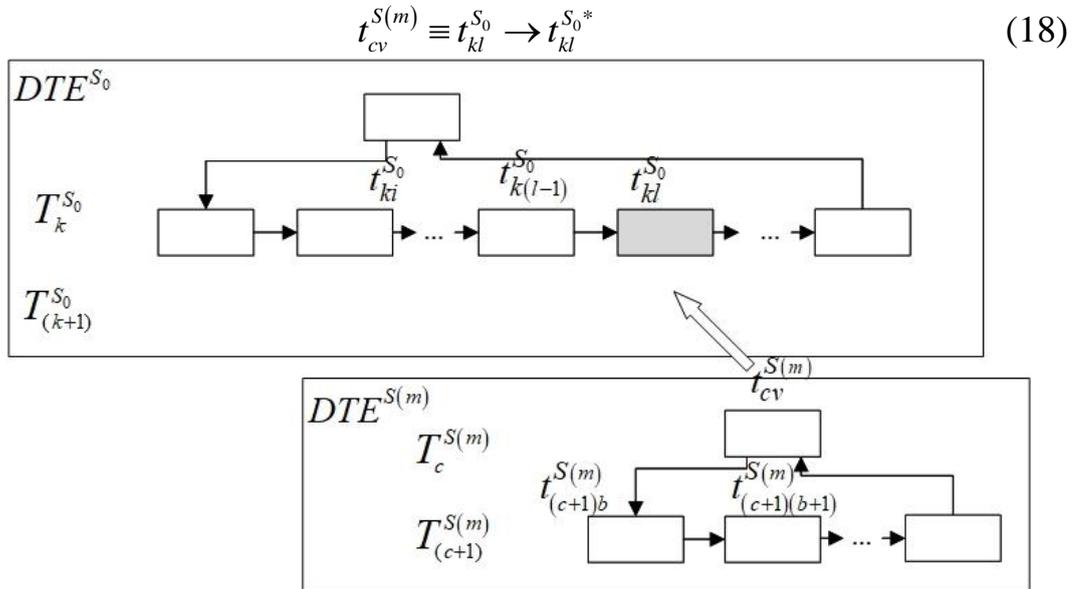


Рис. 4 Интеграция графических описаний (диаграмм)

Далее осуществляется перекодировка элементов с учетом наличия/отсутствия элементов, располагающихся ниже точки слияния в графическом описании обобщённой модели.

В приведенном примере рассматривается вариант, когда подмножество элементов k -го уровня декомпозиции описания обобщённой модели не имеет ни одного элемента, имеющего связь вида «состав», то есть 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 (рисунок 5): $t_{za}^{S(m)} \equiv t_{qw}^{S_0^*}$, где $z = c + p$, $a = b$, $q = k + p$, $w = g$, 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., где p, g являются счетчиками.

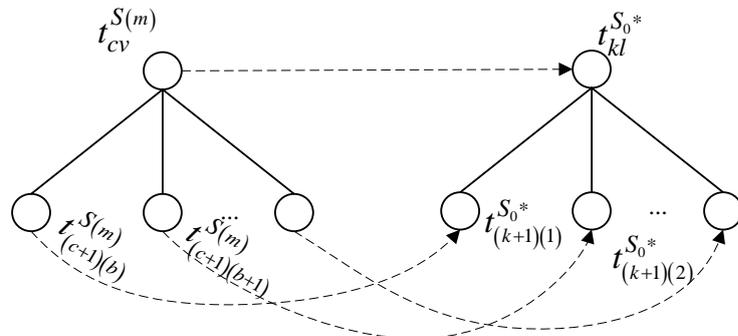


Рис. 5 Перекодировка элементов интегрируемой диаграммы $DTE^{S(m)}$

В работе представлено формальное описание интеграции спецификаций и диаграмм для начальных, концептуальных и инфологических моделей. Таким образом, разработанные методы позволяют перейти к формированию методик интеграции описаний моделей для проектируемых автоматизированных систем.

Третья глава посвящена разработке методик интеграции описаний моделей для проектируемых автоматизированных систем на различных этапах их создания.

Описание информационной (или статической), динамической и функциональной составляющих для моделей выполняется в графическом виде (диаграммы) и в табличном виде (спецификации).

Для описания в виде диаграмм системы предметных действий, зависимостей, манипуляций, доступов 1 рода используются три базовые конструкции (итерация, последовательность, альтернатива) и две типовые (переключатель, цикл).

Концептуальная структура на ПК с точки зрения графической интерпретации – сложная иерархическая конструкция на множестве ПК, в которой каждый слой иерархии отражает класс категорий, а инфологическая структура является статической структурой разрабатываемой АС для решения предметной задачи, которая организована как многослойная конструкция, где каждый слой раскрывается набором именованных информационных модулей, сущностей, атрибутов (будущих баз данных, отношений, их атрибутов).

Спецификации отражают состав и структуру составляющих модели в табличном виде, в них фиксируется описание элементов (параметров, предметных действий, предметных категорий, предметных зависимостей, именованных структурных единиц, предметных доступов, предметных манипуляций), а также связи между элементами.

Единообразие форм описаний моделей показано на рисунке 6.

В алгоритме интеграции описаний моделей следует выделить пять основных этапов (рисунок 7).

При подготовке описаний моделей к интеграции определяются два однородных описания: обобщенное (описание модели, в которое осуществляется интеграция) и локальное (описание модели, которое интегрируется). Далее осуществляется фиксация описаний и кодировки элементов.

На втором этапе определяется точка слияния описаний моделей, которая имеет значение только при интеграции описаний процессных составляющих. В результате выполнения этапа получают результирующее обобщенное описание модели.

На третьем этапе необходимо результирующее описание модели комплекса ПЗ привести к единой кодировке элементов и восстановить связи между элементами - выполнить восстановление кода связи с учетом новых кодов элементов. Коды элементов локального описания сохраняются. Осуществлять перекодировку результирующего описания модели можно после интеграции или в процессе интеграции, производя поэлементно интеграцию и назначение нового кода перенесенному элементу.

Динамическая составляющая

Функциональная составляющая

Информационная или статическая составляющие

<p>Диаграмма, описывающая систему предметных зависимостей 1-ого рода</p> <p>Спецификация F3</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Код ПЗ 1</th> <th>Код ПЗ 2</th> <th>Код ПЗ 3</th> <th>Оценка связи</th> <th>Вид связи</th> <th>Код бинарной связи</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>4</td> <td>5</td> <td>6</td> </tr> </tbody> </table> <p>Спецификация F4</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Код ПЗ</th> <th>Наименование ПЗ</th> <th>Степень формализации</th> <th>Статус ПЗ</th> <th>Структурное св-во ПЗ</th> <th>Примечание</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>4</td> <td>5</td> <td>6</td> </tr> </tbody> </table>	Код ПЗ 1	Код ПЗ 2	Код ПЗ 3	Оценка связи	Вид связи	Код бинарной связи	1	2	3	4	5	6	Код ПЗ	Наименование ПЗ	Степень формализации	Статус ПЗ	Структурное св-во ПЗ	Примечание	1	2	3	4	5	6	<p>Диаграмма, описывающая систему предметных зависимостей 1-ого рода</p> <p>Спецификация P3</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Код ПД</th> <th>Тип ПД</th> <th>Статус</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> </tr> </tbody> </table> <p>Спецификация P4</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Код ПД 1</th> <th>Код ПД 2</th> <th>Код ПД 3</th> <th>Оценка связи</th> <th>Тип связи</th> <th>Код связи</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>4</td> <td>5</td> <td>6</td> </tr> </tbody> </table>	Код ПД	Тип ПД	Статус	1	2	3	Код ПД 1	Код ПД 2	Код ПД 3	Оценка связи	Тип связи	Код связи	1	2	3	4	5	6	<p>Диаграмма, описывающая систему предметных доступов 1-ого рода</p> <p>Спецификация P5</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Код ПМ</th> <th>Тип ПМ</th> <th>Наименование ПМ</th> <th>Степень формализации</th> <th>Статус</th> <th>Структурное св-во</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>4</td> <td>5</td> <td>6</td> </tr> </tbody> </table> <p>Спецификация P6</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Код ПМ 1</th> <th>Код ПМ 2</th> <th>Код ПМ 3</th> <th>Оценка связи</th> <th>Тип связи</th> <th>Код связи</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>4</td> <td>5</td> <td>6</td> </tr> </tbody> </table>	Код ПМ	Тип ПМ	Наименование ПМ	Степень формализации	Статус	Структурное св-во	1	2	3	4	5	6	Код ПМ 1	Код ПМ 2	Код ПМ 3	Оценка связи	Тип связи	Код связи	1	2	3	4	5	6										
Код ПЗ 1	Код ПЗ 2	Код ПЗ 3	Оценка связи	Вид связи	Код бинарной связи																																																																									
1	2	3	4	5	6																																																																									
Код ПЗ	Наименование ПЗ	Степень формализации	Статус ПЗ	Структурное св-во ПЗ	Примечание																																																																									
1	2	3	4	5	6																																																																									
Код ПД	Тип ПД	Статус																																																																												
1	2	3																																																																												
Код ПД 1	Код ПД 2	Код ПД 3	Оценка связи	Тип связи	Код связи																																																																									
1	2	3	4	5	6																																																																									
Код ПМ	Тип ПМ	Наименование ПМ	Степень формализации	Статус	Структурное св-во																																																																									
1	2	3	4	5	6																																																																									
Код ПМ 1	Код ПМ 2	Код ПМ 3	Оценка связи	Тип связи	Код связи																																																																									
1	2	3	4	5	6																																																																									
<p>Диаграмма, описывающая систему предметных действий</p> <p>Спецификация A1</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Код сложного действия</th> <th>Код начального действия</th> <th>Код конечного действия</th> <th>Вид компоненты</th> <th>Примечание</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>4</td> <td>5</td> </tr> </tbody> </table> <p>Спецификация A2</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Код действия</th> <th>Наименование действия</th> <th>Степень формализации</th> <th>Статус действия</th> <th>Структурное св-во действия</th> <th>Примечание</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>4</td> <td>5</td> <td>6</td> </tr> </tbody> </table>	Код сложного действия	Код начального действия	Код конечного действия	Вид компоненты	Примечание	1	2	3	4	5	Код действия	Наименование действия	Степень формализации	Статус действия	Структурное св-во действия	Примечание	1	2	3	4	5	6	<p>Диаграмма, описывающая концептуальную структуру</p> <p>Спецификация F1</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Код ПК</th> <th>Наименование ПК</th> <th>Класс ПК</th> <th>Тип ПК</th> <th>Статус ПК</th> <th>Оценка</th> <th>Примечание</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>4</td> <td>5</td> <td>6</td> <td>7</td> </tr> </tbody> </table> <p>Спецификация F2</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Класс связи ПК</th> <th>Код ПК 1</th> <th>Код ПК 2</th> <th>Код ПК 3</th> <th>Наименование связи ПК</th> <th>Вид связи</th> <th>Оценка связи</th> <th>Код связи</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>4</td> <td>5</td> <td>6</td> <td>7</td> <td>8</td> </tr> </tbody> </table>	Код ПК	Наименование ПК	Класс ПК	Тип ПК	Статус ПК	Оценка	Примечание	1	2	3	4	5	6	7	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	<p>Диаграмма, описывающая инфологическую структуру</p> <p>Спецификация P1</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Код ИСЕ</th> <th>Уровень ИСЕ</th> <th>Тип ИСЕ</th> <th>Наименование ИСЕ</th> <th>Статус ИСЕ</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>4</td> <td>5</td> </tr> </tbody> </table> <p>Спецификация P2</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Класс связи ИСЕ</th> <th>Код исходной ИСЕ</th> <th>Код ИСЕ</th> <th>Наименование связи</th> <th>Тип связи</th> <th>Оценка связи</th> <th>Код связи</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>4</td> <td>5</td> <td>6</td> <td>7</td> </tr> </tbody> </table>	Код ИСЕ	Уровень ИСЕ	Тип ИСЕ	Наименование ИСЕ	Статус ИСЕ	1	2	3	4	5	Класс связи ИСЕ	Код исходной ИСЕ	Код ИСЕ	Наименование связи	Тип связи	Оценка связи	Код связи	1	2	3	4	5	6	7
Код сложного действия	Код начального действия	Код конечного действия	Вид компоненты	Примечание																																																																										
1	2	3	4	5																																																																										
Код действия	Наименование действия	Степень формализации	Статус действия	Структурное св-во действия	Примечание																																																																									
1	2	3	4	5	6																																																																									
Код ПК	Наименование ПК	Класс ПК	Тип ПК	Статус ПК	Оценка	Примечание																																																																								
1	2	3	4	5	6	7																																																																								
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																																																																							
Код ИСЕ	Уровень ИСЕ	Тип ИСЕ	Наименование ИСЕ	Статус ИСЕ																																																																										
1	2	3	4	5																																																																										
Класс связи ИСЕ	Код исходной ИСЕ	Код ИСЕ	Наименование связи	Тип связи	Оценка связи	Код связи																																																																								
1	2	3	4	5	6	7																																																																								
<p>Спецификация B1</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Тип информации</th> <th>Вид информации</th> <th>Содержание информации</th> <th>Примечание</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>4</td> </tr> </tbody> </table> <p>Спецификация B2</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Код параметра</th> <th>Наименование параметра</th> <th>Примечание</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> </tr> </tbody> </table> <p>Спецификация B3</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Код параметра</th> <th>Наименование объекта 1</th> <th>Наименование объекта 2</th> <th>Наименование объекта ...</th> <th>...</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>4</td> <td>...</td> </tr> </tbody> </table>	Тип информации	Вид информации	Содержание информации	Примечание	1	2	3	4	Код параметра	Наименование параметра	Примечание	1	2	3	Код параметра	Наименование объекта 1	Наименование объекта 2	Наименование объекта	1	2	3	4	...	<p>Диаграмма, описывающая инфологическую структуру</p> <p>Спецификация P1</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Код ИСЕ</th> <th>Уровень ИСЕ</th> <th>Тип ИСЕ</th> <th>Наименование ИСЕ</th> <th>Статус ИСЕ</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>4</td> <td>5</td> </tr> </tbody> </table> <p>Спецификация P2</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Класс связи ИСЕ</th> <th>Код исходной ИСЕ</th> <th>Код ИСЕ</th> <th>Наименование связи</th> <th>Тип связи</th> <th>Оценка связи</th> <th>Код связи</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>4</td> <td>5</td> <td>6</td> <td>7</td> </tr> </tbody> </table>	Код ИСЕ	Уровень ИСЕ	Тип ИСЕ	Наименование ИСЕ	Статус ИСЕ	1	2	3	4	5	Класс связи ИСЕ	Код исходной ИСЕ	Код ИСЕ	Наименование связи	Тип связи	Оценка связи	Код связи	1	2	3	4	5	6	7	<p>Диаграмма, описывающая инфологическую структуру</p> <p>Спецификация P1</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Код ИСЕ</th> <th>Уровень ИСЕ</th> <th>Тип ИСЕ</th> <th>Наименование ИСЕ</th> <th>Статус ИСЕ</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>4</td> <td>5</td> </tr> </tbody> </table> <p>Спецификация P2</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Класс связи ИСЕ</th> <th>Код исходной ИСЕ</th> <th>Код ИСЕ</th> <th>Наименование связи</th> <th>Тип связи</th> <th>Оценка связи</th> <th>Код связи</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>4</td> <td>5</td> <td>6</td> <td>7</td> </tr> </tbody> </table>	Код ИСЕ	Уровень ИСЕ	Тип ИСЕ	Наименование ИСЕ	Статус ИСЕ	1	2	3	4	5	Класс связи ИСЕ	Код исходной ИСЕ	Код ИСЕ	Наименование связи	Тип связи	Оценка связи	Код связи	1	2	3	4	5	6	7				
Тип информации	Вид информации	Содержание информации	Примечание																																																																											
1	2	3	4																																																																											
Код параметра	Наименование параметра	Примечание																																																																												
1	2	3																																																																												
Код параметра	Наименование объекта 1	Наименование объекта 2	Наименование объекта																																																																										
1	2	3	4	...																																																																										
Код ИСЕ	Уровень ИСЕ	Тип ИСЕ	Наименование ИСЕ	Статус ИСЕ																																																																										
1	2	3	4	5																																																																										
Класс связи ИСЕ	Код исходной ИСЕ	Код ИСЕ	Наименование связи	Тип связи	Оценка связи	Код связи																																																																								
1	2	3	4	5	6	7																																																																								
Код ИСЕ	Уровень ИСЕ	Тип ИСЕ	Наименование ИСЕ	Статус ИСЕ																																																																										
1	2	3	4	5																																																																										
Класс связи ИСЕ	Код исходной ИСЕ	Код ИСЕ	Наименование связи	Тип связи	Оценка связи	Код связи																																																																								
1	2	3	4	5	6	7																																																																								

Начальная модель

Концептуальная модель

Инфологическая модель

Рис.6 Формы описаний моделей

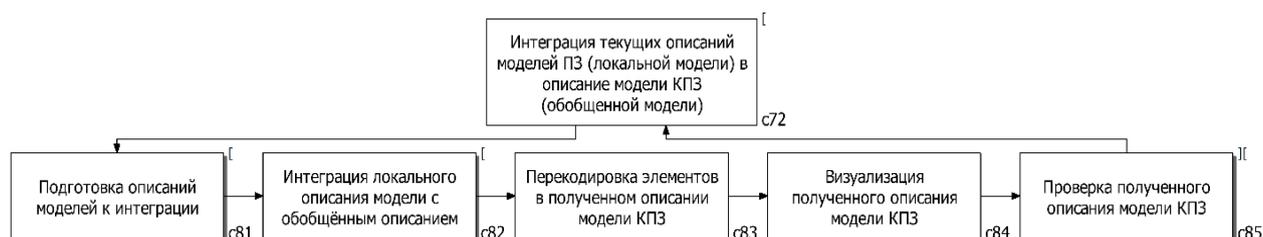


Рис.7 Интеграция текущих описаний моделей ПЗ в описание модели КПЗ

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

Завершающим этапом является проверка полученного описания комплекса ПЗ. Сначала выполняется проверка системой, выявляющей 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 полученного описания специалистом и его удовлетворенности полученным результатом, считается, что интеграция завершена и выполнена корректно.

Таким образом, разработанные методики интеграции табличных и графических описаний начальных, концептуальных и инфологических моделей позволили перейти к процессу определения требований и разработке программных модулей, поддерживающих методы интеграции описаний моделей, формируемых на этапах предпроектного обследования и проектирования АС.

В четвертой главе представлено описание разработанных модулей, позволяющих производить интеграцию графических и табличных описаний моделей на различных этапах создания автоматизированных систем. Данные модули разрабатывались для программного комплекса ИС-2, поддерживающего процесс проектирования автоматизированных систем по МАИТ.

Программный комплекс ИС-2 реализован с помощью клиент-серверной технологии и имеет трехзвенную архитектуру. Серверная часть, включающая сервер приложений и сервер баз данных, обеспечивает управление функционированием и информационное взаимодействие между отдельными клиентами. Клиентская часть выступает в качестве «толстого» клиента, который решает задачи формирования локальных и первичных обобщенных моделей, а также обладает возможностями решения задач управления и обработки обобщенной модели. ИС-2 имеет модульную структуру, каждый модуль которой выполняет определенную процедуру над одной из составляющей модели.

В соответствии с разработанными методиками интеграции описаний различных моделей и заданными требованиями были реализованы модули, поддерживающие методы интеграции спецификаций и диаграмм различных моделей, и произведена их интеграция в программный комплекс ИС-2.

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 8-9 представлены входные данные для работы модуля интеграции описаний динамических составляющих концептуальных моделей, цветом выделены позиции, участвующие в интеграции: синим— описание обобщённой модели, красным— описание локальной модели, зеленым— точка слияния.

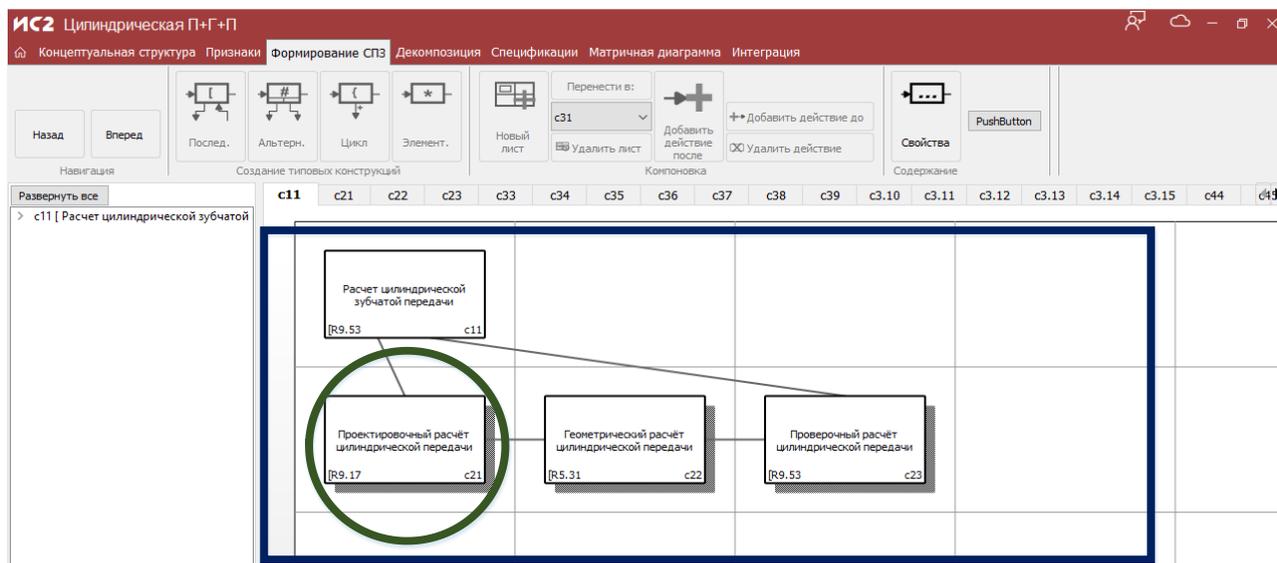


Рис.8 Входные данные для работы модуля: описание обобщенной модели

После ввода входных данных интеграция описаний моделей выполняется автоматически в соответствии с 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 10.

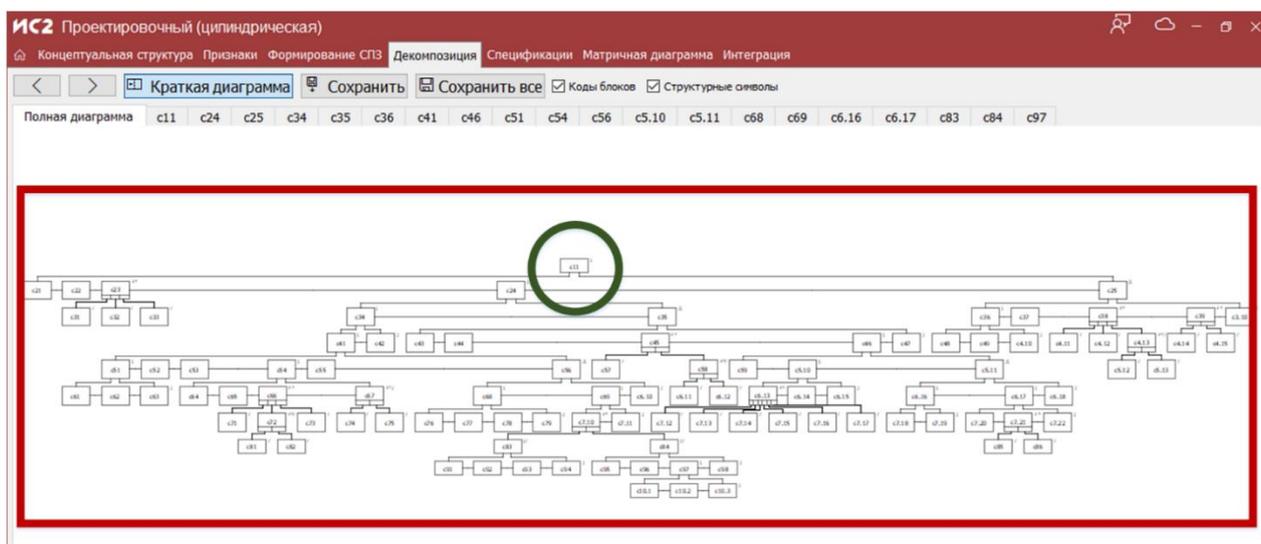


Рис.9 Входные данные для работы модуля: описание локальной модели

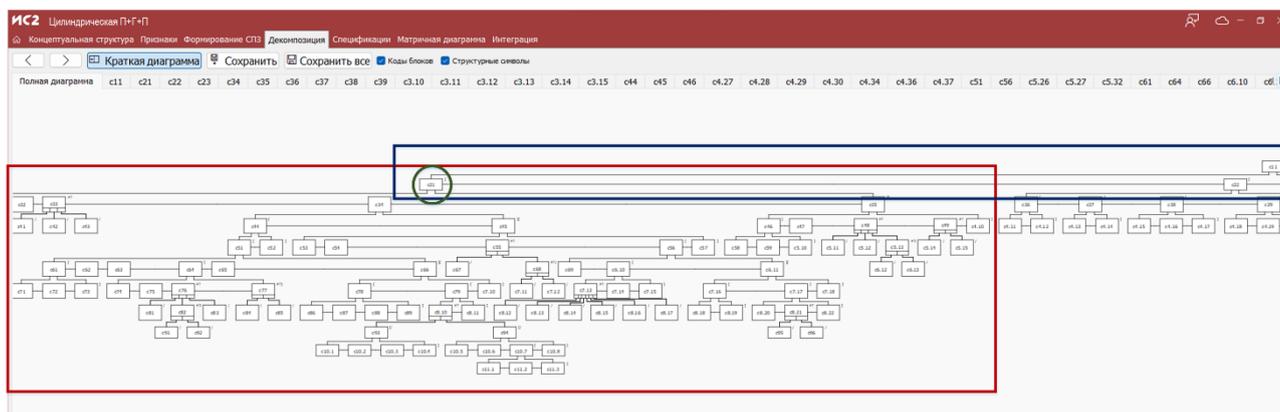


Рис.10 Выходные данные модуля

Апробация результатов проводилась на тестовых массивах управленческих и проектных задач. Тестирование проведено для всех расчетных задач, выполняемых при проектировании следующих типов передач: цилиндрической, конической, червячной, цепной, плоскоременной, клиноременной.

Апробация выполнялась в ручном режиме и автоматизированном. В первом случае 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. Во втором случае интеграция выполнялась автоматически с использованием разработанных экспериментальных версий модулей и проверкой результирующей диаграммы/спецификации специалистом на наличие/отсутствие дублирования элементов.

Эффективность работы модулей интеграции оценивалась в сокращении временных ресурсов, затрачиваемых при интеграции описаний моделей, сформированных на различных этапах (таблица 1).

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

Таблица 1 – Сравнение временных ресурсов, затрачиваемых при ручной интеграции описаний моделей и при автоматизированной

Этап моделирования	Наименование показателей	Усреднённое время, затрачиваемое при ручной интеграции описаний моделей	Усреднённое время, затрачиваемое при автоматизированной интеграции описаний моделей	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

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ И РЕЗУЛЬТАТЫ

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 РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

В изданиях, рекомендованных ВАК РФ:

1. 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;

2. 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;

3. 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.

В изданиях, входящих в базы данных Scopus и Web of Science:

1. 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;

2. 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;

3. 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>.

Публикации в других научных журналах и изданиях:

1. 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;

2. 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;

3. 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;

4. 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;

5. 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;

6. 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;

7. 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;

8. 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;

9. 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;

10. 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;

11. 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/mateconf/202134603065>.

Свидетельства о государственной регистрации программы для ЭВМ:

1. № 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»;

2. № 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».