

УДК 658.012.011.56:656.21

ГОЛОВНИЧ Александр Константинович
кандидат технических наук

**НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ ФОРМИРОВАНИЯ
ИНТЕГРИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ
АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ
ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ СТАНЦИЙ**

05.22.08 – Управление процессами перевозок

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
доктора технических наук

Гомель 2004

Работа выполнена в учреждении образования «Белорусский государственный университет транспорта»

Научный консультант: **Правдин Николай Владимирович**, доктор технических наук, профессор кафедры «Железнодорожные станции и узлы» Московского государственного университета путей сообщения

Официальные оппоненты: **Шаров Виктор Александрович**, доктор технических наук, профессор, заместитель директора Всероссийского научно-исследовательского и проектно-конструкторского института информатизации, автоматизации и связи (ВНИИАС)

Шелухин Виктор Иванович, доктор технических наук, профессор кафедры «Автоматика и телемеханика на железнодорожном транспорте» Московского государственного университета путей сообщения

Цветков Виктор Дмитриевич, доктор технических наук, профессор кафедры «Системы автоматизированного проектирования» Белорусского национального технического университета

Оппонирующая организация: **Институт технико-экономических исследований и проектирования железнодорожного транспорта – филиал ОАО «Российские железные дороги» (ГипротрансТЭИ).**

Защита состоится 26 ноября 2004 года в 14⁰⁰ на заседании Совета по защите диссертаций Д 02.27.01 в учреждении образования «Белорусский государственный университет транспорта» по адресу: 246017, г. Гомель, ул. Кирова, 34, ауд. 248. Тел. (8-0232)-95-29-41.

С диссертацией можно ознакомиться в научно-технической библиотеке БелГУТа.

Автореферат разослан 18 октября 2004 г.

Отзывы на автореферат в двух экземплярах, заверенные печатью, просим направлять в адрес Совета университета.

Ученый секретарь Совета
по защите диссертаций

Р. К. Гизатуллин

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы диссертации. Проектирование является важнейшим элементом связанной цепи всех процессов разработки объектов. Сложность, специфичность и многогранность проектировочной деятельности приводит к значительным затратам при получении эффективного проектного решения. Продолжительность разработки качественного проекта достигает от одного месяца до года. Стоимость этих работ составляет 30 % и более от общих затрат на реализацию всех этапов жизнедеятельности сооружаемого объекта.

Проектирование является ключевым звеном разработки проекта. Согласно результатам исследований аналитической компании Gardner Group наличие одной ошибки на стадии проектирования стоимостью в 1 доллар приводит к потерям в 100 000 долларов при внедрении проекта в производство. Эти затраты находятся в прямой зависимости от мощности инфраструктуры предприятий.

Железнодорожный транспорт обладает громадным техническим потенциалом. На Белорусской железной дороге в настоящее время эксплуатируются более 360 станций, которые охватывают 70 % всей мощности путевого развития железнодорожного транспорта. Проблема их эффективного использования приводит к необходимости достижения максимального соответствия наличного путевого развития объемам перевозок. Однако высокая динамичность корреспонденций грузопотоков не позволяют проектировщикам оперативно представлять соответствующие проектные решения по переустройству станций. Из-за сложности и длительности проведения работ реконструкция объектов производится в достаточно медленном темпе, не позволяющем своевременно вводить в эксплуатацию необходимые технические мощности станций.

Переход к автоматизации проектирования является наиболее эффективным методом повышения производительности работы проектировщиков. Как показывает опыт использования информационных технологий в практике работы других отраслей, автоматизация обеспечивает сокращение продолжительности получения проектного решения в 2–5 раз, снижение трудоемкости в 5–10 раз с одновременным повышением его качества. Востребованность информационных технологий на железнодорожном транспорте связывается с массовой проектной работой, которую нужно провести на высокопрофессиональном уровне и в короткий срок.

Изменение экономической ситуации, повлекшей за собой коренное перераспределение транспортных потоков, привело к несоответствию между потребным и наличным техническим оснащением железнодорожных станций и узлов. Для транспорта техническое оснащение является основными производственными фондами, которые достигают 30 % всех основных фондов Белорусской железной дороги и составляют более 500 млн долларов, а ежегодные отчисления в бюджет за их использование достигает 4 млн долларов. При этом многие станции имеют значительные резервы путевого развития. В целях со-

крашения затрат необходимо в исключительно сжатые сроки подготовить проекты реконструкции станций Белорусской железной дороги. Однако по существующей технологии соответствующий объем изыскательских и проектных работ требует значительных затрат времени. Поэтому в настоящее время актуальной задачей является создание эффективной комплексной системы, обеспечивающей существенное ускорение проведения инженерных изысканий и подготовки проектов реконструкции железнодорожных станций.

Схемы станций на электронных носителях представляют собой ценные базы данных для отправителей и потребителей грузов, увязывающих работу основного производства и транспорта. Наличие компьютерной модели путевого развития отдельных станций позволит связать в единую информационную структуру все элементы отраслей промышленности и транспорта, что будет способствовать формированию логистической модели производства и потребления продукции, включающей движение транспортных потоков.

Вместе с повышением общего уровня качества проектных разработок транспорт должен сохранить инвестиционную привлекательность для крупных отечественных и зарубежных компаний. Необходимо поднять имидж транспортной отрасли, убедительно показать ее значительные возможности в эффективном использовании компьютерных технологий. На Западе за последние 10 лет инвестиции в компании, активно занимающиеся разработкой и внедрением информационных технологий, достигли 15 млрд долларов, и в настоящее время этот рынок уже не дает ожидаемой прибыли из-за ее перегрузки. Отечественный транспорт лишь вступает на путь общей информатизации, и активная работа в области применения систем автоматизированного проектирования (САПР) способствует повышению роли железнодорожного транспорта как привлекательной инвестируемой системы.

Транспортные САПР по сравнению с системами проектирования машиностроения и радиоэлектроники обладают особенностями, не позволяющими в полном объеме использовать опыт их разработки и эксплуатации. САПР радиоэлектроники и машиностроения базируются в основном на фундаментальных законах физики и строгих аналитических выражениях, допускающих решение в радикалах или с помощью численных методов. В этих проблемах, как правило, можно выделить однозначно интерпретируемую составляющую расчета и проектирования.

Процесс проектирования транспортных объектов не имеет столь выраженной систематической составляющей. Преобладающее место занимают сложные задачи, связанные с обработкой нечеткой информации. Эти проблемы решаются посредством использования опыта проектировщика. Однако в настоящее время отсутствуют надежные методы формализованного описания опыта. Кроме того, выбор проектного решения по развитию железнодорожных узлов и их элементов сопряжен с учетом большого количества взаимокоррелируемых факторов, зависящих от географии, геологии, топографии ме-

стности, климата, почвы, экономических связей и их динамики, экологии и др.

Тем не менее, только автоматизация проектирования не решит проблемы поиска рациональных вариантов структуры и функционирования объекта или процесса моделирования. Необходимо обратить внимание на роль проектировщика в процессе автоматизированного проектирования. Наряду с внедрением быстрых алгоритмов расчета и графического дизайна должны активизироваться исследования, направленные на определение условий эффективной эксплуатации гетерогенных взаимодействующих структур (проектировщик-компьютер); формирование правил наблюдающего и контролирующего воздействий проектировщика, не нарушающих работу пакета САПР; установление требований, гарантирующих бесконфликтное прохождение процесса автоматизированного проектирования; регламентирование рационального уровня формализации опыта, включаемого в базу знаний САПР и др.

Рекомендации по внедрению систем автоматизированного проектирования в производство указывают на целесообразность использования информационных технологий при достижении 2-, 3-кратного сокращения общей продолжительности проектного процесса. Однако первые САПР, использовавшиеся в практике проектирования в 60–70-е годы XX столетия, давали 10-, 15-кратный резерв времени проектирования. Таким образом, наблюдается определенное «снижение» эффективности работы САПР. Их отдача все менее и менее значительна по мере повышения требований к виду и наполнению САПР-проектов. Расширение функциональности существующих систем автоматизированного проектирования часто не способствует ускорению выхода конечной продукции. Возрастание требований экологического, макроэкономического характера, необходимость более детального учета факторов, обеспечивающих ресурсо- и энергосбережение, все чаще являются основополагающими при формулировании технических заданий на проектирование различных объектов народного хозяйства.

Отсутствие целостного компьютерно-ориентированного подхода к проведению инженерных изысканий и проектных работ на железнодорожных станциях не позволяет повысить производительность труда проектировщиков при переходе на цифровые технологии. Поэтому следует разработать методологические основы высокопроизводительной транспортной САПР, которая обладает широкими возможностями эффективного комплексного решения задач съемки и проектирования путевого развития с активным и непосредственным использованием опыта проектировщика.

Связь работы с крупными научными программами, темами. Результаты теоретических положений и практические рекомендации по автоматизации проектирования транспортных коммуникаций включены в Программу «Теоретические исследования основных направлений развития сети железных дорог Республики Беларусь» в 2003–2004 годах, Государственную программу «Разработка основных направлений совершенствования процесса градостроитель-

ного и архитектурно-строительного проектирования с использованием компьютерных технологий», выполненной по заказу Министерства строительства и архитектуры Республики Беларусь (№ 205/5.1-ГФ/2000). Совместно с головной проектной организацией Белорусской железной дороги «Белжелдорпроект» активно проводились исследования по разработке и внедрению методических и программных решений САПР, полученных автором на основе результатов полевых измерений и съемки путевого развития существующих станций. Научным полигоном на Белорусской железной дороге для внедрения информационных технологий на базе разработанной автором интегрированной системы автоматизированного проектирования станций был определен Брестский железнодорожный узел Белорусской железной дороги.

За период с 1994 по 2004 годы в рамках договоров с Министерством образования Республики Беларусь и Белорусской железной дорогой автором выполнены следующие научно-исследовательские темы по проблемам теоретических исследований и практического использования автоматизированного проектирования железнодорожных станций и узлов: «Разработка принципиальных основ реализации многоуровневых систем автоматизированного проектирования железнодорожных станций (САПР ЖС)», (ГР № 19943258, 19661339), «Логистические принципы представления баз знаний и баз данных при разработке САПР транспортных объектов» (ГР № 19992366), «Основы теории автоматизированного проектирования станций и узлов» (ГР № 199722325), «Автоматизированное проектирование железнодорожных станций» (ГР № 20001396), «Исследование существующих САПР и разработка рекомендаций для автоматизированного проектирования и реконструкции железнодорожных станций и узлов» (ГР № 20031214).

Цель и задачи исследования. Целью диссертационной работы является разработка научных основ комплексной системы автоматизированного проектирования железнодорожных станций, обеспечивающей целостность формирования и использования данных проектно-изыскательских работ с эффективным взаимодействием проектирующей организации и программной среды при формировании цифровых аналогов схем путевого развития. Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- определить содержание информационной среды, включающей множество инженерных знаний, обуславливающих эффективное автоматизированное проектирование железнодорожных станций;
- разработать инструментальную базу автоматизации проектирования путевого развития с учетом технологических возможностей структурных элементов цифровой схемы;
- провести моделирование проектного процесса формирования схемы станции с выделенными категориями контрольных точек, имеющих набор характеристик и соответствующих правил их взаимодействия;
- определить условия эффективного взаимодействия проектировщика и

профильной САПР железнодорожных станций в процессе разработки проектных решений по проектированию и переустройству отдельных пунктов.

Методология и методы проведенного исследования. В диссертационной работе используются методы компьютерного анализа структуры и функционального назначения путевого развития станций и узлов, формирования компьютерных систем на основе языков программирования декларативного уровня, логико-лингвистические методы анализа технических систем, математические методы теории множеств, нечетких множеств, абстрактных и клеточных автоматов, методы оценки эффективности гибридных человеко-машинных и эргатических систем.

Научная новизна и значимость полученных результатов.

1 Впервые разработана единая информационная среда с формализованным описанием технических заданий, нормативных требований, справочных данных и результатов проектов.

2 Определено содержание САПР ЖС, включающей подсистемы автоматизации проведения полевых работ, цифрового проектирования и контроля над работой программы со стороны проектировщика.

3 Разработана динамическая, структурированная блочно-модульная схема построения цифровой структуры станции с использованием конструкторского набора базовых элементов, расширенных примитивов и объектов-контейнеров.

4 Определено множество схемообразующих технологических операций, являющихся основой для формирования композиционных структур путевого развития станций, включающих геометрические и технологические параметры.

5 На основе разработанной математической модели процесса проектирования получены формализованные записи проектных операций, трансформированные в соответствующие программные функции САПР ЖС.

6 Определены правила взаимодействия коммуникантов, базирующиеся на интерактивно-пакетном исполнении операций с многоуровневым контролем этапного развития проектных решений.

Следует отметить, что в настоящее время отсутствует системная постановка, теоретическое обоснование и практическая реализация транспортных САПР, учитывающих специфику проектирования коммуникаций. Решаются разрозненные, изолированные задачи, формируемые в контексте замкнутой группы исходных данных. Такая выборочная автоматизация проектирования элементов путевого развития железнодорожных станций не позволяет получить существенный эффект от использования САПР.

В диссертации предлагается использовать комплексный подход к изысканию и проектированию, который включает в себя целостную автоматизацию инженерных изысканий и проектных работ, позволяющих провести сквозное проектирование в автоматизированном режиме с активным использованием опыта проектировщика. Проектировщик как определяющее звено всего про-

ектного процесса должен работать с интерактивной, многоуровневой средой, обеспечивающей удобную, комфортную, эстетичную и эргономичную связь пользователя и программной оболочки.

Впервые разработана обобщенная математическая модель взаимодействия станционных структур на уровне свойств слагающих их объектов, обеспечивающих получение связной схемы путевого развития. Использование элементов теории множеств и теории абстрактных автоматов позволяет определить пространство формализованных структур и операций, адекватно описывающих процесс проектирования станций.

Значимость САПР ЖС заключается в том, что данная система автоматизации проектирования способна повысить существенно роль транспорта в системе логистических связей с отправителями и потребителями продукции. Важность поставленной проблемы разработки транспортной САПР диктуется настоятельной необходимостью ликвидировать разрыв в логистической цепи «производитель — транспорт — потребитель». Многие отрасли народного хозяйства имеют отлаженный программно-ориентированный механизм контроля за процессом разработки и продвижения товарной продукции. В этом отношении транспорт, являясь существенным звеном в передаче всех грузов, должен максимально соответствовать по своим техническим мощностям потенциальному расчетному грузопотоку. Внедрение автоматизированных методов расчета и проектирования потребного технического оснащения транспорта позволит объединить разрозненные элементы логистики продвижения потоков от пункта производства к пункту потребления, оптимизировать маршруты их пропуска и переработки, наметить эффективные варианты переустройства существующих отдельных пунктов в соответствии с тенденциями изменения размеров движения.

Особое значение имеет лингвистическая направленность проблемы разработки транспортных САПР. Выход за пределы технических аспектов существенно обогащает исследование, позволяет раскрыть новые смежные направления. В данном случае обращается внимание не только на прагматическую роль САПР в разработке схем станций, но и на более глубокие проблемы, связанные с многосторонним анализом накопленного опыта проектирования, психологией восприятия проектировщиком-профессионалом процесса автоматизированного проектирования, языковыми особенностями формального представления нормативной информации. Лингвистическая составляющая объективно характеризует САПР железнодорожных станций с различных позиций технического и социального значения.

Для создания САПР ЖС требуется развитие специфических моделей, затрагивающих фундаментальные основы функционирования транспортных систем. Предлагаемые в диссертации подходы позволяют сконцентрировать внимание на основных проблемных вопросах, имеющих непосредственное отношение к разработке транспортных САПР. В результате формируются осно-

вы целостной теории построения особых, эргатических систем автоматизированного проектирования, в которых программная среда и проектировщик являются разнородными, но органично связанными элементами единой структуры. При этом открываются перспективы развития целого ряда смежных направлений:

- формализации нормативно-справочной информации;
- методологии извлечения знаний и вербализации опыта проектировщика;
- разработки композиционных диалогово-пакетных САПР и интегрированных САПР-САУ-систем;
- оптимизации структуры и функционирования технико-технологических объектов САПР;
- автоматизации транспортного технологического проектирования;
- цифрового проектирования сети железных дорог и др.

Эти направления позволяют расширить существующие границы локального применения информационных технологий, наметить пути решения многих проблем, существенных с точки зрения теории и практики транспортных САПР.

Практическая значимость полученных результатов. Теоретические основы САПР железнодорожных станций получают в диссертации практическую реализацию. Все математические модели переводятся в плоскость алгоритмического и программного решения, что в конечном итоге позволяет сформировать целостную вычислительную среду, обеспечивающую автоматизацию проектирования и реконструкции путевого развития железнодорожных станций и узлов.

Апробация САПР ЖС при проведении съемки и разработке электронных схем различных отдельных пунктов сети Белорусской железной дороги показала высокую эффективность системы автоматизации. Продолжительность проектирования схем промежуточных, грузовых, участковых, сортировочных и пассажирских станций сокращается в 1,8–3,5 раза. В результате проведения всего комплекса изыскательских и проектных работ в автоматизированном режиме обеспечивается многократное целевое тиражирование чертежей. При этом с одной электронной копии можно получать соответствующие схемы заданного масштаба. Это исключает необходимость многократной разработки плана станции для различных целей (проектных организаций, рабочих групп, технических отделов станций и отделений дороги и др.).

Использование САПР ЖС в проектных организациях и технических отделах станций, отделений дорог позволит автоматизировать процесс разработки чертежей, сократить расходы на проведение проектно-изыскательских работ и ведение электронного архива. При этом корректировка планов путевого развития не представляет серьезной проблемы, так как подобная работа связана с реструктуризацией на дисплее только той части схемы станции, которая претерпела изменения.

Использование САПР ЖС позволит повысить точность привязки путевого развития, фиксируя все без исключения параметры, что способствует стандартизации представления плана с формированием объемлющей базы координат всех элементов станционных объектов.

Электронные схемы станций включают в себя все сведения, имеющие отношение к характеристике элементов путевого развития. В базе стрелочных переводов и путей можно хранить информацию о состоянии верхнего строения пути, что является важными данными для планирования ремонтных и профилактических работ на станции.

Компьютерный план станции, выведенный на бумагу, является рабочей подосновой для разработки вариантов дальнейшего развития станции. При этом возможна его выдача на картографическую базу, обеспечивая тем самым полную привязку элементов станции к местности. Это позволит оперативно решать целый ряд проблем, связанных с резервированием территории для перспективного проектирования станционных объектов, предварительной оценкой объемов земляных работ, поиском вариантов эффективного взаимного размещения устройств и др. Кроме того, электронная схема является основой для привязки инженерных сетей, проходящих через территорию станции.

САПР ЖС не является изолированной средой, обеспечивающей решение только узкого класса проблем, связанных с проектированием станций и узлов. На уровне инструментального подхода наблюдается общность задач транспорта, архитектуры и строительства. Однако в настоящее время задачи проектирования различных объектов решаются в узковедомственных границах, что не способствует их рациональному функционированию. Поэтому большое значение для практики имеет разработка на базе САПР ЖС межотраслевой САПР, применение которой позволит резко повысить эффективность комплексных проектных решений с учетом особенностей и технологических требований отдельных структурных подсистем.

В целом практическое использование САПР ЖС позволяет:

- формировать электронный документный архив в технических отделах станций и отделений дорог;
- автоматизировать учет верхнего строения пути и его состояния как балансовых средств;
- обеспечить информационные запросы для эффективного решения оперативных задач при управлении перевозками, в грузовой и коммерческой работе, в технических отделах станций;
- служить основой для отображения других инженерных сетей на территории станции;
- обеспечить доступ к централизованной базе данных для всех подразделений станции при планировании профилактических и ремонтных работ;
- сократить штат работников проектных организаций и технических отделов станций, НОД за счет повышения производительности труда;

- усилить информационные связи логистической цепи продвижения потоков от пунктов зарождения до потребителей;
- сократить затраты времени на поддержание электронной схемы в актуальном виде, адекватном действительному положению путей на станции;
- обеспечить компактность, надежность и экономичность хранения компьютерных аналогов масштабных планов станций.

Основные положения диссертации, выносимые на защиту.

1 Полнота и целостность информационной базы САПР станций, охватывающей этапы цифровой съемки и процесса автоматизированного проектирования, обеспечивается формализованным описанием технических заданий, нормативных требований, справочных данных и результатов проектной работы.

2 Нормативные требования по проектированию станций, содержащие нечеткие смысловые характеристики, используются в САПР после обработки лингвистическими методами анализа.

3 Формирование алфавита базы проектирования на основе статических и динамических шаблонов позволяет выполнять эффективное автоматизированное проектирование с контролем проектировщика над работой программы.

4 Сопряжение между проектируемым путевым развитием и технологическими возможностями станционных цифровых структур достигается использованием набора схемообразующих технологических операций.

5 Обобщенная математическая модель проектирования железнодорожных станций основывается на фотосъемке проектного процесса с формализацией правил взаимодействия элементов путевого развития.

6 Эргатическая система является основой для формирования динамической структуры взаимодействия проектировщика и оболочки САПР ЖС.

7 Разработанная модель процесса проектирования с применением схемы структуросодержащих точечных аналогов элементов станции и выполняемых операций над ними позволяет реализовать соответствующую программную среду САПР ЖС.

Личный вклад соискателя. Все результаты, представленные в диссертации, получены соискателем.

Апробация результатов диссертации. Результаты исследований по теме диссертации докладывались на научно-практических (Гомель, 1993, 1995, 2000), научно-методической (Гомель, 1995), научно-технических (Гомель, 1998, 2003; Минск, 2000), международной научно-технической (Санкт-Петербург, 2000) конференциях; IX международном симпозиуме (Москва, 2003), семинарах отдела автоматизации ОАО «Гомельпроект» (1999, 2000), заседаниях кафедр «Железнодорожные станции и узлы» (Москва, МГУ ПС, 2002), «Изыскания и проектирование транспортных коммуникаций» (Гомель, БелГУТ, 2004), межкафедральном семинаре (Гомель, БелГУТ, 2004).

Опубликованность результатов. По результатам проведенных исследова-

ний издано 40 работ, в том числе две монографии и 30 научных статей в журналах и сборниках научных трудов. Всего опубликовано 956 страниц материалов, имеющих непосредственное отношение к теме диссертационной работы.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, общей характеристики работы, семи глав, заключения, списка использованных источников и приложений. Работа занимает 268 страниц, из которых 69 приходится на иллюстрации, таблицы и приложения. Всего в работе 47 рисунков, 26 таблиц, 6 приложений, 248 использованных источников.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В первой главе выполнен анализ проблемы автоматизированного проектирования железнодорожных станций. Подчеркивая значимость проектирования как этапа реализационного цикла, обращают внимание на многогранность этого понятия, которое многими исследователями определяется с различных позиций. Работа проектировщика по созданию эффективной схемы станции является эвристической процедурой, построенной на активном использовании опыта проектирования и трудно формализуемом анализе возникающих решений.

Несмотря на то что в теории проектирования станций определены четкие требования количественного плана по укладке путей, взаимному расположению устройств, роль эвристики достаточно велика. Она начинается работами в основном на заключительной стадии, когда нужна экспертная оценка проекта. Однако общие рекомендации по соотношению роли программной среды и проектировщика в процессе разработки проектных решений в настоящее время отсутствуют. Поэтому в диссертации указывается на необходимость всестороннего системного изучения проблемы проектирования, которое позволит сформировать интерактивную среду САПР железнодорожных станций, обеспечивающую тесное взаимодействие проектировщика и программной подсистемы.

Большое влияние на продолжительность разработки и эффективность проектных решений оказывает качество исходных данных, которыми являются результаты съемки станции. В настоящее время технические изыскания и проектные работы выполняются с привлечением информационных технологий, однако программные решения рассматриваются только как отдельные, обособленные элементы (рисунок 1).

Анализ показывает, что цифровые данные, полученные на различных этапах проведения проектно-изыскательских работ, сопоставляются и контролируются только проектировщиком. Информационная среда, которая должна связывать этапы технических изысканий и проектирования, отсутствует.

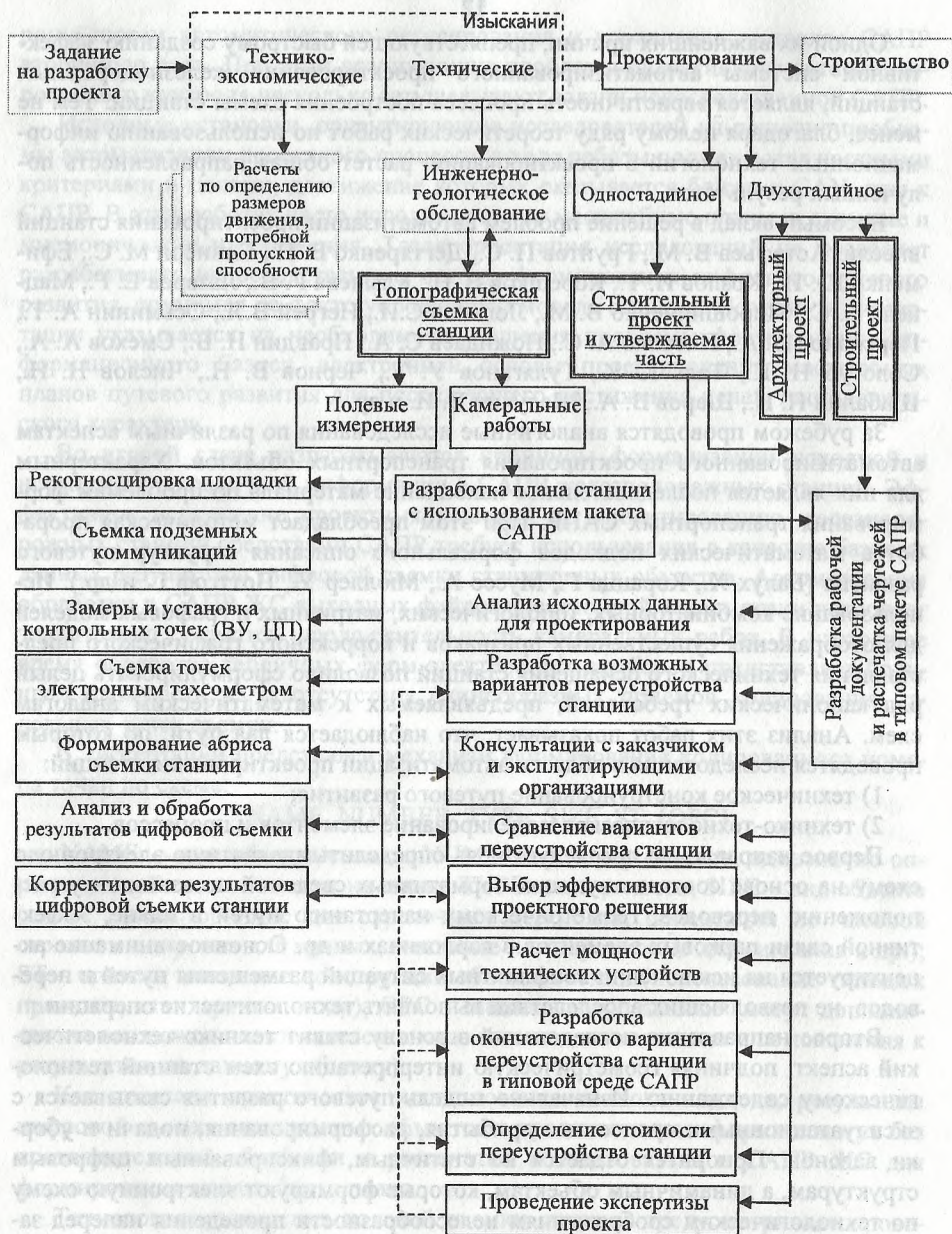


Рисунок 1 – Исследовательские и проектные работы на железнодорожных станциях с использованием информационных технологий

Одной из важнейших причин, препятствующей быстрому созданию эффективной системы автоматизированного проектирования железнодорожных станций, является эвристичность процесса построения схемы станции. Тем не менее, благодаря целому ряду теоретических работ по использованию информационных технологий в проектировании, растет общая направленность полученных результатов.

Весомый вклад в решение проблем автоматизации проектирования станций внесли: Астафьев В. М., Грунтов П. С., Дегтяренко В. П., Елинсон М. С., Ефименко Ю. И., Козлов И. Т., Корешков В. Н., Клычева Г. В., Лазарев Е. Г., Мацкель С. С., Мирошниченко В. М., Логинов С.И., Негрей В.Я., Осьминин А. Т., Персианов В. А., Писанко А. С., Пожидаев С. А., Правдин Н. В., Смехов А. А., Сологуб Н. К., Таль К. К., Туляганов У. Т., Чернов В. Н., Числов Н. Н., Шабалин Н. Н., Шаров В. А., Шелухин В. И. и др.

За рубежом проводятся аналогичные исследования по различным аспектам автоматизированного проектирования транспортных объектов. Характерным для них является последовательное накопление материала по проблемам формирования транспортных САПР. При этом преобладает методическая проработка математических подходов формального описания структуры путевого развития (Балух Х., Корацца Г., Муссо А., Мюллер У., Поттгоф Г. и др.). Использование комбинаторных, топологических, матричных и графовых моделей для отображения существенных признаков и корректного графического представления технического оснащения станций позволило сформулировать целый ряд канонических требований, предъявляемых к математическим аналогам схем. Анализ этих работ показывает, что наблюдается два пути, по которым проводятся исследования в области автоматизации проектирования станций:

- 1) техническое конструирование путевого развития;
- 2) технико-технологическое моделирование элементов и процессов.

Первое направление преследует цель определить адекватную электронную схему на основе соответствующих нормативных сведений по взаимному расположению переводов, геометрическому начертанию путей в плане, эффективной связи парковых элементов в горловинах и др. Основное внимание акцентируется на исключении конфликтных ситуаций размещения путей и переводов, не позволяющих впоследствии выполнять технологические операции.

Второе направление исследований в основу ставит технико-технологический аспект, подчиняя геометрическую интерпретацию схем станций технологическому содержанию. Изначально модель путевого развития связывается с эксплуатационными процессами прибытия, расформирования, подачи и уборки вагонов. Приоритет отдается не статичным, фиксированным цифровым структурам, а динамичным объектам, которые формируют электронную схему по технологическим соображениям целесообразности проведения наперед заданного множества технологических операций. Данный подход в исследованиях часто преобладает, однако, направленность этих работ смещается в сто-

рону систем автоматического регулирования и управления, оставляя САПР вторичную роль. При этом возникающие проблемы оперативного автоматизированного контроля несколько затушевывают задачи непосредственной САПР.

Исходные установки, ориентирующие исследователей на решение проблемы автоматизации проектного процесса, в ходе работы подменяются частными критериями и целями, достижение которых оказывается ближе к САУ, чем к САПР. В этих работах часто используются не масштабные планы, а схемные и мнемонические изображения. Такая ориентация исследований не позволяет разрабатывать непосредственные методы формирования цифрового путевого развития, принимая де-факто упрощенную модель станции. Поэтому в диссертации указывается на необходимость решения проблемы формирования информационного базиса, электронной основы проектирования масштабных планов путевого развития для последующего достижения целей технологического характера.

Во второй главе разрабатываются принципы формализации исходной и нормативно-справочной информации в САПР железнодорожных станций. Эффективное исполнение проектных решений по проектированию железнодорожных станций средствами САПР требует использования в качестве базовых данных результатов цифровой съемки станционных объектов. Автоматизация обработки в САПР ЖС выходных файлов электронной тахеометрии позволяет значительно сократить продолжительность камеральных работ. В настоящее время обработка табличных форм электронных приборов представляет большую сложность из-за отсутствия единообразных приемов кодирования отдельных точек съемки.

В диссертации представлен механизм формирования кодированного номера точки по схеме:

NAME_NUMBER_TYPE_SIZE_ST_[OPC],

где NAME – имя объекта съемки; NUMBER – номер объекта, однозначно определяющий его положение на схеме; TYPE – тип рельсов; SIZE – вид объекта (лево-, правосторонние для стрелочных переводов, ориентация по часовой стрелке или против для кривых; мачтовые или карликовые для сигналов и др.); ST – степень типизации конструкции объекта съемки (использование типовых проектов, стандартных эпюр); OPC – опциональные данные (могут дополнительно вводиться пользователем в ходе съемки как замечания или пояснения к результатам по данному объекту).

Как показало практическое использование данного подхода, результаты цифровой съемки станционных объектов в представленном формате могут без предварительной обработки и распечатки использоваться в САПР ЖС для формирования масштабного плана.

Технология проведения полевой съемки станции предусматривает проведение рекогносцировки с определением точек установки приборов, последовательности выполнения работ, фиксации положения центров переводов. В дис-

сертации разработана новая технология определения эффективных базовых точек с помощью программного расчета и построения карты зон доступности объектов для съемки. Каждый элемент $\{P_j\}$, наблюдаемый с точки B , характеризуется радиусом раскрытия $R(P_j)$ и координатами центра $X(P_j)$ и $Y(P_j)$. Доступность объекта для съемки определяется степенью его видимости. Если с точки B наблюдатель фиксирует любую точку по всему диаметру на высоте отражателя, то коэффициент доступности данного объекта $k_d = 1,0$. Если не видна одна из крайних точек, то принимаем $k_d = 0,75$. Перекрытие крайних точек при видимом центре оценивается $k_d = 0,5$. Видимость крайних точек и перекрытие для съемки центра объекта определяет $k_d = 0,4$. При одной видимой крайней точке $k_d = 0,3$. Полное закрытие объекта характеризуется $k_d = 0$.

Угол, образуемый касательными к объекту съемки с вершиной в опорной точке, называется углом визуализации объекта. Если по лучу зрения видимости объекта P_j располагается объект P_k , то визуальная доступность P_j снижается в зависимости от зоны перекрытия $P_j \cap P_k$. Геометрическая интерпретация взаимного перекрытия объектов по лучу зрения сводится к определению точек пересечения касательных $N_i(P_j)$ к объекту и радиусов раскрытия $R_1(P_k)$ и $R_2(P_k)$ объекта P_k . Таким образом необходимо определить, пересекаются ли следующие пары отрезков:

$$N_i(P_j) \cap R_t(P_k),$$

$$\begin{matrix} i=2 \\ i=3 \\ i=1 \\ t=1 \end{matrix}$$

Если ни одна из пар $N_i(P_j)$ и $R_t(P_k)$ не пересекаются, то с выбранной опорной точки B объекты P_j и P_k полностью доступны для съемки. При и объектах требуется определить все возможные пересечения $N_i(P_j)$ с любыми другими $R_t(P_k)$, где $t=1 \dots n$, $t \neq j$.

Алгоритм расчета коэффициента доступности объекта P_j для съемки основывается на последовательном переборе всех возможных пересечений $N_i(P_j)$ и $R_t(P_k)$ с оценкой видимости ("N" – не видна, "V" – видна) каждой из трех контрольных точек P_j (центр и две крайних точки объекта):

$$\{N_1(P_j) \cap R_t(P_k) \Rightarrow N_1(P_j) = "N"; N_1(P_k) = "V";$$

$$\begin{matrix} i=2 \\ t=1 \end{matrix}$$

$$\{N_2(P_j) \cap R_t(P_k) \Rightarrow N_2(P_j) = "N"; N_2(P_k) = "V";$$

$$\begin{matrix} i=2 \\ t=1 \end{matrix}$$

$$\{N_3(P_j) \cap R_t(P_k) \Rightarrow N_3(P_j) = "N"; N_2(P_k) = "V".$$

$$\begin{matrix} i=2 \\ t=1 \end{matrix}$$

В противном случае

$$\{N_i(P_j) \cap R_t(P_k) \Rightarrow N_i(P_j) = "V"; N_i(P_k) = "V".$$

После выполнения данных вычислений для каждого объекта имеем тройку символов “ NNN ”, “ NVN ” и т.д., определяющих видимость (“ V ”) или невидимость (“ N ”) контрольной точки объекта. Тройки символом переводим по принятой шкале в соответствующие значения коэффициентов доступности k_{di} .

Объекты съемки имеют различную степень прозрачности. Более близкое расположение по одному лучу зрения перевода, чем опоры, обеспечивает съемку обоих пикетов. Близкое расположение опоры контактной сети может сделать невозможным съемку находящегося далее начала остряка. Если объект P_j закрывает P_k для съемки, то коэффициент прозрачности $k_p(P_j) = 0$. К таким объектам можно отнести опоры контактной сети, осветительные мачты, мачтовые светофоры. Если P_j , находящийся по лучу зрения, расположен между опорной точкой и объектом P_k , и объект P_j оказывается видимым для съемки, то $k_p(P_j) = 1$. Таким коэффициентом прозрачности обладают начала остряков и математические центры крестовин переводов.

По данному алгоритму разработана программа, позволяющая провести расчет коэффициента доступности объектов для съемки с любой базовой точки в пределах заданной площади покрытия.

Определение центров стрелочных переводов и фиксирование их на местности приводит к значительным потерям времени при производстве съемки. С целью повышения эффективности работы электронных приборов съемки предлагается проводить привязку стрелочных переводов к началам остряков. Разработка масштабного плана путевого развития с использованием привязки переводов к началу остряка обеспечивает корректное воспроизведение реальной ситуации по результатам съемки станции. При этом центры стрелочных переводов на план не наносятся, а привязка осуществляется по точке прилегания остряка к оси пути. При необходимости координаты центра стрелочного перевода можно определить расчетным путем. Использование начала остряка как элемента привязки стрелочного перевода позволит повысить скорость формирования модели объектов путевого развития на масштабных планах станций и сократить продолжительность полевых работ.

Кроме результатов съемки в САПР ЖС используются данные информационного банка, включающего в себя инструктивные положения и рекомендации опыта проектирования. Для эффективного их использования необходимо создание информационного хранилища нормативных знаний.

Сложность реализации формального представления знаний связывается с нечеткими языковыми конструкциями. Проведенный автором анализ содержания положений нормативных положений проектирования показывает, что в них используется более 300 различных лингвистических конструкций недостаточно определенного смыслового содержания, которые должны пройти определенную обработку, состоящую в сужении их смыслового содержания.

Как показали проведенные автором исследования, нормативные положения проектирования станций охватывают широкий диапазон семантических конст-

рукций. Поэтому предложить одну единственную схему, обеспечивающую качественную трансформацию проектного положения в соответствующую формальную процедуру, не удастся. Установлено, что большинство нормативных требований укладывается в формализованные рамки при использовании различных логико-лингвистических приемов. Все нечеткие семантические словоформы предлагается разделить на несколько типизированных классов:

Шкалометрические параметры. Для классификации этих языковых конструкций нормативных положений применяется модифицированная методика семантического дифференциала Осгуда, в которой исключаются антонимы как граничные понятия семантического пространства.

Отбор параметров, принадлежащих к шкалометрическим, производится по принципу тематической классификации. В этот класс включаются характеристики F_{ki} , измеряемые посредством шкалы, что позволяет перевести проблему оценки языковых форм в плоскость количественного анализа. В соответствии с этой шкалой все лексемы, отождествляющие некоторые близкие по смыслу состояния системы, процесса или события, группируются в одну категорию. Элементы F_{ki} ранжируются по степени усиления интенсивности признака:

$$F_{ki} = \bigcup (\min F_{ki}, \text{mid } F_{ki}, \max F_{ki}).$$

Признак F_{ki} оценивается соответствующим коэффициентом значимости

$$P_{Fki} = \bigcup (\min P_{Fki}, \text{mid } P_{Fki}, \max P_{Fki}).$$

Количественное значение некоторой интенсивности признака, используемого в нормативных положениях, производится с учетом среднего параметра по группе.

Алетические параметры, характеризующие возможность или необходимость выполнения нормативных требований с различной степенью категоричности. В общей сложности в нормативных положениях проектирования насчитывается более 160 простых и сложных алетических конструкций, в той или иной мере усиливающих или ослабляющих императивный оттенок нормативного положения. Эти языковые конструкции можно группировать в категории:

- утвердительных ${}^+Lex = \{\text{разрешается, рекомендуется, предусматривается, обеспечивается, устанавливается, целесообразно, следует, обязательно}\};$
- отрицающих ${}^-Lex = \{\text{могут не, допускается не предусматривать, не рекомендуется, нецелесообразно, не предусматривается, не следует}\};$
- ограничивающих ${}^{Lim}Lex = \{\text{во всех случаях, как правило, по возможности, в обоснованных случаях, по согласованию, в отдельных случаях, в виде исключения, в отдельных исключительных случаях, за исключением, только}\}.$

Таким образом, в положении инструктивного характера может использоваться некоторый набор лексем алетических параметров из группы

$$A_i = \bigcap ({}^+Lex, {}^-Lex, {}^{Lim}Lex).$$

Следует отметить, что все элементы категорий также ранжируются по степени интенсивности своего признака.

Фокусные параметры. Этот класс языковых конструкций T_i относится к трудно формализуемым сочетаниям. Даже входящие в одну категорию, они достаточно различны по смысловому содержанию. Их объединяет только общая семантическая направленность (фокус признаков d). Выделяется 8 различных категорий фокусных элементов:

$$T_i = \{T_{ik}\}, \exists d, (T_{ik} \subset d).$$

Сетевые параметры M_i – нечетко определенных языковых понятий, которые могут быть формализованы только с помощью семантических сетей и разработки соответствующих правил, определяющих содержание таких лингвистических конструкций.

Упорядоченность нормативных положений проектирования позволяет стилизовать форму их представления посредством простых или составных правил. С помощью этого приема выделяется количественно интерпретируемая информация и в 4 раза сокращается исходная нормативная база инструктивно-го характера без потери информативности. При этом в САПР ЖС включается только информация, существенная с точки зрения достигаемого качества проектного решения.

Третья глава формирует конструкторскую среду САПР ЖС, определяя ключевые структуры путевого развития и технического оснащения отдельных пунктов. На основе формализованной нормативной документации, технического задания на проектирование и результатов инженерных изысканий разрабатываются соответствующие варианты проектного решения. Основными этапами модельного представления схемы являются:

- содержательное описание исходной документации;
- формализация процесса с декомпозицией системы, определением параметров функционирования и разработкой схем информационной связи элементов;
- преобразование формального описания в модель.

Трансформация реальных объектов в адекватные цифровые аналоги связывается с выбором алфавита базовых конструктивов, в который предлагается включать стрелочные переводы, участки пути, а также сложные шаблоны, образуемые из последовательности переводов и путей. Схема их взаимодействия описывается многомерным объектом

$$iF_{jk}^{st},$$

где F соответствует элементу алфавита базы проектирования: стрелочному переводу или участку пути ($F = \{STR, PUT\}$). Основной индекс i определяет порядковый номер элемента проектирования. Ковариантные индексы j, k характеризуют точки присоединения; контравариантные s, t – соответственно номер элемента, к которому производится присоединение, и индекс ориентации.

Данный формальный объект позволяет корректно описать элемент проек-

тирования и его место в станционной структуре любого уровня сложности. Последовательное соединение базовых конструктивов приводит к развитию цепочечной формы вида

$$1STR_{1,0}^{0,0} \rightarrow 2PUT_{1,2}^{1,0} \rightarrow 3STR_{1,3}^{1,1} \rightarrow 4STR_{1,2}^{2,2} \rightarrow \dots$$

Как показали исследования автора, из подобных структур можно вычленить типовую сигнатуру, идентифицирующую определенное соединение путей. Такой подход позволяет программно распознавать различные типы стрелочных улиц и проектировать заданные сложные схемы горловин.

По мере развития структуры путевого развития при автоматизированном проектировании целесообразно вести протокол выполнения отдельных операций по укладке стрелочных переводов и участков пути. Такие записи реально отражают содержание структуры, указывают на связь отдельных элементов и могут служить идентификатором конкретного схемного решения. Последовательность выбора определенных элементов из базы доступных конструктивов в диссертации определяется картой маршрутов проектирования.

Маршрут проектирования с точки зрения программного анализа легче отслеживать, если он локализован для некоторой ограниченной структуры. Зонной ограничения считаем путевое развитие, в котором преобладает конкретный элемент. Такими ограниченными структурами считаются горловины парков, в которых стрелочные переводы являются превалирующим типом конструктивов, а также парковые объекты, которые сформированы из прямолинейных или криволинейных участков путей.

Так как использование САПР должно обеспечивать не только анализ схемы горловины, то алгоритм генерации связи отдельных переводов следует настроить так, чтобы он вырабатывал наиболее эффективный маршрут построения структуры в пакетном режиме или выдавал рекомендации проектировщику, подсказывая этот маршрут в диалоговой схеме интерактивного взаимодействия.

В четвертой главе определяется форма и содержание связанных технических структур и технологических операций в САПР ЖС. Исследования показывают, что только геометрические процедуры в результате проектирования могут дать недостаточно надежную результирующую схему. Так, одна и та же конструкция горловины может быть эффективной или нецелесообразной в зависимости от назначения отдельных путей парка, структуры обрабатываемого поездопотока, направления его движения и др. В этом отношении целесообразными оказываются композиционные структуры с сочетанием в каждой из них элементов расчета геометрических и технологических параметров.

Для решения этой достаточно сложной проблемы предлагается формировать структуру расширенных модулей проектирования (РМП), включающих в себя кроме путевого развития сопряженные с ним технологические операции. В отличие от базовых конструкционных элементов РМП несет технологиче-

скую нагрузку, которая определяет не только внешний вид объекта проектирования, но и его способность выполнять ту или иную работу.

Учитывая тот факт, что технологические операции могут быть совмещены с соответствующим техническим оснащением, определяется ряд трансформационных структур, переводящих операции в путевое развитие. С точки зрения САПР такой подход может обеспечить генерацию вариантных схемных решений R_j , которые реализуют выполнение заданного набора технологических операций G_i . Связанная система $G_i \rightarrow R_j$ интерпретируется как агрегированная структура, определяющая содержание комплексного макрообъекта проектирования. Как показывает анализ, из ее состава можно выделить четыре основных класса подмножеств $G_{ik} \rightarrow R_{js}$ с различной степенью тесноты связи:

- 1) сильно связанные P_1 (прием транзитного поезда нечетного направления на специализированный путь парка приема для грузовых поездов нечетного направления);
- 2) слабо связанные P_2 (подача группы вагонов на подъездной путь и вытяжной путь станции);
- 3) не связанные P_3 (подача поездного локомотива под поезд и специализированный путь парка отправления грузовых поездов);
- 4) запрещенные P_4 (экипировка локомотива и путь для приема пассажирских поездов). Схема взаимодействия сопряженных элементов $G_{ik} \rightarrow R_{js}$ приведена на рисунке 2.

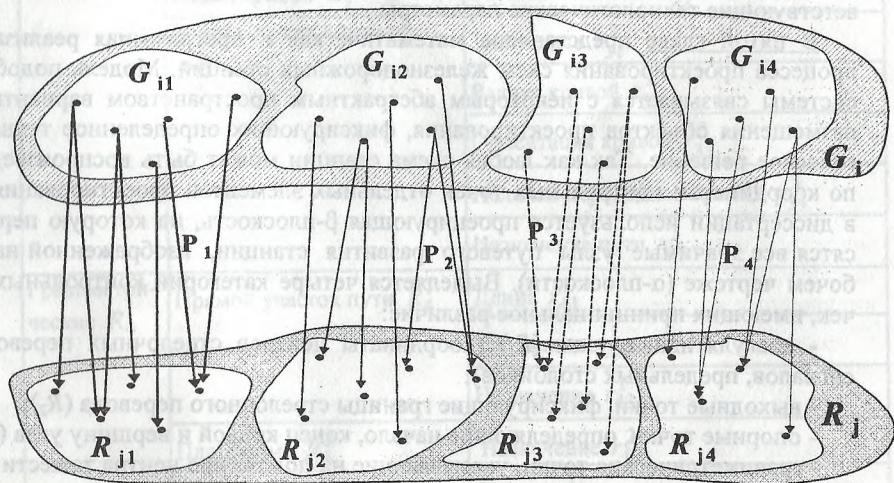


Рисунок 2 – Связь подмножеств путевого развития и технологических операций
Сопряжение между G_{ik} и R_{js} характеризует степень связанности подмножеств. Основной целью формирования отображений $G_i \rightarrow R_j$ является определение классов непересекающихся отношений P_i , которые регламентируют (P_1),

рекомендуют (P_2), допускают (P_3) или исключают (P_4) связи технологических операций и путевого развития. При этом следует рассматривать не все технологические операции, а только *схемообразующие*. Следовательно, фиксируются только такие переходы $G_{ik} \rightarrow R_{js}$, которые связываются с перемещением подвижного состава. В таблице 1 представлен примерный перечень укрупненного ряда технологических операций, генерирующих путевое развитие некоторых станций.

Таблица 1 – Примерный перечень схемообразующих технологических операций

Наименование операции	Генерируемое путевое развитие
Прием поезда	Путь приема
Уборка поездного локомотива	Соединительный, ходовой пути, пути отстоя
Подача маневрового локомотива	Вытяжной, соединительный, ходовой пути
Вытягивание состава	Вытяжной, соединительный пути
Расформирование	Сортировочные пути
Подача (уборка) на грузовой двор (подъездной путь)	Пути грузового двора (подъездного пути)
Перестановка подвижного состава	Выставочный путь, отстоя, экипировки, ремонта
Отправление поезда	Путь отправления

Использование предлагаемого конструкционно-технологического подхода в САПР ЖС позволит формировать на стадии проектирования интегрированные объекты, имеющие в своей базе данных не только технические, но и соответствующие технологические параметры.

В пятой главе представлена математическая и программная реализация процесса проектирования схем железнодорожных станций. Модель подобной системы связывается с некоторым абстрактным пространством вариантного размещения объектов проектирования, фиксирующих определенное технологическое решение. Так как любая схема станции может быть воспроизведена по координатам контрольных точек отдельных элементов проектирования, то в диссертации используется проецирующая β -плоскость, на которую переносятся все значимые узлы путевого развития станции, изображенной на рабочем чертеже (α -плоскости). Выделяется четыре категории контрольных точек, имеющих принципиальное различие:

- коагулятивные узлы (R_1) (координаты центров стрелочных переводов, сигналов, предельных столбиков);
- выходные точки, фиксирующие границы стрелочного перевода (R_2);
- опорные точки, определяющие начало, конец кривой и вершину угла (R_3);
- гравиметрические точки, указывающие на положение центра тяжести элемента с однородной планарной или пространственно распределенной структурой (участки прямых, склады, пассажирские платформы) (R_4).

Полная классификационная структура всех контрольных точек β -плоскости представлена в таблице 2.

Таблица 2 – Характеристика контрольных точек β -плоскости

Точки	Объекты категории	Аргументы объектов
Коагулятивные R_1	Стрелочный перевод R_1^1	Марка r_{11}^1
		Тип рельса r_{12}^1
		Номер эпюры r_{13}^1
		Сторонность r_{14}^1
		Угол r_{15}^1
	Сигнал R_1^2	Назначение r_{11}^2
		Схема установки r_{12}^2
	Вид r_{13}^1	
	Предельный столбик R_1^3	
Выходные R_2	Выходные R_2^1	Номер точки r_{21}^1
		Фоновый признак r_{22}^1
Опорные R_3	Начало кривой R_3^1	Угол касательной r_{31}^1
	Конец кривой R_3^2	Угол касательной r_{31}^2
	Вершина угла поворота R_3^3	Тип рельса r_{31}^3
		Радиус кривой r_{32}^3
		Ориентация кривой r_{33}^3
		Наличие переходной кривой r_{34}^3
Назначение пути r_{35}^3		
Гравиметрические R_4	Прямой участок пути R_4^1	Длина r_{41}^1
		Тип рельса r_{42}^1
		Назначение r_{43}^1
	Платформа R_4^2	Назначение r_{41}^2
		Длина r_{42}^2
		Ширина r_{43}^2

Окончание таблицы 2

Точки	Объекты категории	Аргументы объектов
Гравиметрические R_4	Склады R_4^3	Назначение r_{41}^3
		Длина r_{42}^3
		Ширина r_{43}^3
		Высота r_{44}^3
		Дополнительный идентификатор r_{45}^3
	Прочие устройства R_4^4	Назначение r_{41}^4
		Длина r_{42}^4
		Ширина r_{43}^4
		Высота r_{44}^4
		Дополнительный идентификатор r_{45}^4

Основными действиями в пространстве модели являются: сложение (\oplus -операция), порождение (\otimes -операция), погашение ($\langle \times \rangle$ -операция), вычитание (\lrcorner -операция), дополнение (\mapsto -операция), сопряжение (\uparrow -операция), деформация (\circ -операция), лонгирование (\leftrightarrow -операция).

Под *сложением* подразумевается связь двух модулей проектирования, приводящая к появлению общей точки сопряжения. Считаем, что входная точка присоединяемого $(p+1)$ -го элемента покрывает выходную точку p -го существующего. Результатом \oplus -операции является интегрированный формальный объект с фиксируемой структурой составляющих его элементов.

Операция *порождения* позволяет произвести выбор стрелочного перевода или криволинейного участка пути как модулей проектирования из базы с размещением его в определенной рабочей области экрана дисплея. При этом существующая база данных объектов станции дополняется новыми записями внедренного в цифровую схему компонента.

Формальные аналоги R_{1i}^1 и R_{3j}^1 определяют тяготеющие к ним выходные точки R_{2i}^1 , сигналы R_{1i}^2 и предельные столбики R_{1i}^3 (для R_{1i}^1), конец кривой R_{3j}^2 и вершину угла поворота R_{3j}^3 (для R_{3j}^1): $R_{1i}^1 \otimes \{\oplus_{m=1}^3 R_{2m}^1, \oplus_{n=1}^3 R_{1n}^2, R_{1i}^3\}$.

В связи с необходимостью исключения из схемы одного или нескольких сигналов вводится операция *погашения* объекта R_{1ij}^2 . Правило погашения связывается с векторной ориентацией линий передвижения потока по данному

элементу $R_{li}^1 : R_{ij}^2(x) \sim (X_s \wedge \bar{R}_{2jk}^1)$. Сигнал R_{ij}^2 погашается, если s -й вектор перемещения потока не проходит через выходную точку R_{2jk}^1 .

Операция *вычитания* характеризует исключение p -го модуля из существующей структуры запроецированного путевого развития $\Omega : \Omega \setminus R_{lp}^j$. Результатом действия этой операции является проявление фоновых признаков r_{22s}^1 , которые указывают на появление точек обрыва путевого развития при погашении стрелочных переводов или элементов, к ним присоединяемым.

Операция *дополнения* применяется при проектировании различных устройств, образы которых представляются гравиметрическими точками

$$R_{4p}^{2\vee 3\vee 4} : R_{4p}^2 \mapsto R_{4(p+1)}^2; R_{4k}^2 \mapsto R_{4(k+1)}^3.$$

Отличительной особенностью этой операции является опосредованная связь с путевым развитием, так как при сооружении платформ и складов отсутствует прямое соединение с участками путей или стрелочными переводами.

Результатом операции *сопряжения* двух элементов является криволинейный участок пути с возможными прямыми вставками, обеспечивающими касательное соединение сопрягаемых объектов. Например, заданным радиусом кривой можно обеспечить связь двух прямых участков путей, выходной точки стрелочного перевода и прямого участка пути, выходных точек сопрягаемых стрелочных переводов:

$$R_{3i}^3 = R_{4j}^1 \hat{\uparrow} R_{4(j+1)}^1; R_{3k}^3 = R_{1j}^1 \hat{\uparrow} R_{4(j+1)}^1; R_{3s}^3 = R_{1j}^1 \hat{\uparrow} R_{1(j+1)}^1.$$

Операция *деформации* связана с изменением места расположения объектов при сохранении их топологических признаков. Данное действие связано с вычитанием объектов. При реструктуризации схемы устранение обрыва путевого развития становится возможным благодаря перемещению следующего (и связанных с ним) объекта в точку исключаемого элемента. Если объектом реструктуризации является стрелочный перевод, то операцию деформации можно не производить, а освободившееся место занять участком прямого или криволинейного пути.

Операция *лонгирования* служит для вычисления расстояния между точками R_{ij}^k и $R_{mn}^s : L_{im} = R_{ij}^k \leftrightarrow R_{mn}^s$. Она не связана с изменением схемы путевого развития, однако, оказывается весьма эффективной при оценке различных вариантов присоединения новых элементов к существующей структуре.

Абстрактные операции над объектами β -плоскости и соответствующие мнемонические записи могут быть использованы при программировании конкретных функций САПР. В качестве исходной среды адаптации САПР ЖС выбран пакет *AutoCAD*. Программные разработки проводились с применением

встроенного языка программирования *AutoLISP*. Исследования автора показывают, что возможна прямая трансформация операций над объектами β -плоскости в соответствующие вычислительные процедуры. Таким образом, каждой операции, проводимой над объектами β -плоскости, поставлена в соответствие конкретная программная функция, обеспечивающая работу с модулями проектирования.

На основе типового пакета *AutoCAD* разработана программная среда САПР ЖС. В состав пакета включается около 200 специальных функций, рассчитывающих координаты элементов, величины прямых вставок при соединении стрелочных переводов, выдающих на экран диагностические сообщения различного характера, контролирующие выполнение нормативных требований проектирования и др. Возможности типового пакета САПР, обеспечивающие настройку среды и другие общесистемные функции, помогают подсистеме автоматизации проектирования схем станций реализовать базовые возможности по формированию корректной структуры с минимальными затратами времени.

В шестой главе определяются основные требования к взаимодействию САПР ЖС и проектировщика. В диссертации указывается, что эвристический характер проектного процесса определяет приоритетную роль проектировщика в условиях автоматизации. Дискретность процессов передачи контроля от проектировщика программной среде позволяет использовать для их описания модели абстрактных автоматов с набором $V = \langle Q, A, B, \varphi, \psi \rangle$. Множество состояний автомата определяется набором $Q = \{\alpha, \Pi\}$, где α определяет характер работ ($\alpha = 1$ – развитие станции, $\alpha = 0$ – удаление элемента проектирования), Π – активность коммуникантов ($\Pi = 1$ – активна программа, $\Pi = 0$ – активен проектировщик).

Множество входных сигналов $A = \{a_i\}$ рассматривается как внешние воздействия на модель со стороны проектировщика или планировщика задания, связанные с выбором элементов из базы ($a_1 = STR$, $a_2 = PUT$), перемещением элементов ($a_3 = Change$), отсутствием воздействия ($a_4 = N$).

Множество выходных сигналов $B = \{b_i\}$ определяется как влияние модели на среду. Результатом этого влияния является проектирование (удаление) перевода ($b_{1(2)} = STR^{+(-)}$), проектирование (удаление) участка пути ($b_{3(4)} = PUT^{+(-)}$), ошибка выбора ($b_5 = \sim$), реализация вариантных решений ($b_6 = Var$).

Функция переходов φ определяет правила изменения состояния автомата по известному предыдущему состоянию $q(t+1) = \varphi(q(t), a(t))$. Состояние автомата определяется характером работ и активностью коммуникантов:

$$q(t) = f(\alpha(t), \Pi(t)).$$

Функция выходов однозначно характеризует значение сигнала на выходе автомата $b(t) = \psi(q(t), a(t))$. Соответствующая диаграмма Мура представлена на рисунке 3.

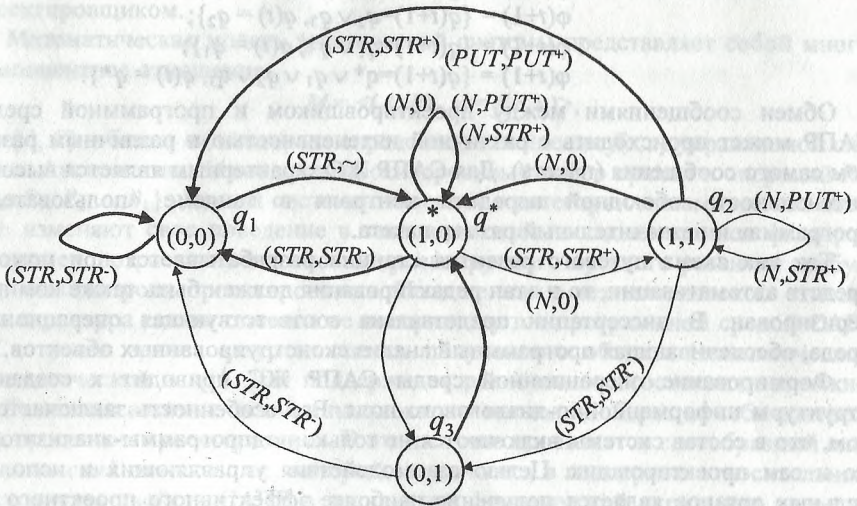


Рисунок 3 – Представление взаимодействия коммуникантов в среде автоматизированного проектирования станций

Автомат, описывающий взаимодействие коммуникантов в процессе проектирования, содержит четыре состояния с помеченным начальным (*). Сложность задачи проектирования схемы путевого развития приводит к тому, что чаще совершаются переходы, результатом которых является приоритет проектировщика. Поэтому все переходы данного автомата \mathcal{V} не являются равновероятными. Выделенные переходы

$$q^* \rightarrow q_1 \rightarrow q_1 \rightarrow q^* \rightarrow q^*, \quad q_2 \rightarrow q^* \rightarrow q^*, \quad q_3 \rightarrow q_1 \rightarrow q^*$$

указывают на события, инициируемые проектировщиком.

Однако даже при состоянии автомата, предполагающем приоритет программной среды, должен быть реализован механизм контроля проектировщика, обеспечивающего возврат к нему управляющих функций. При этом следует учитывать, что переходы от программы среды к проектировщику происходят не только по инициативе последнего, а программная оболочка способна сама передавать управление проектировщику.

Все действия, связанные с удалением элементов или их переносом, совершаемые по инициативе программы, должны совершаться под контролем проектировщика. Операции по развитию станции, совершаемые средой, и далее могут находиться под управлением программной оболочки. Развитие станции, выполняемое проектировщиком, в равной степени может в дальнейшем производиться обоими коммуникантами. Соответствующие функции переходов имеют следующий вид:

$$\varphi(t+1) = \{q(t+1)=q_1 \vee q^*, q(t) = q_3\};$$

$$\varphi(t+1) = \{q(t+1)=q_2 \vee q_3, q(t) = q_2\};$$

$$\varphi(t+1) = \{q(t+1)=q_1 \vee q^*, q(t) = q_1\};$$

$$\varphi(t+1) = \{q(t+1)=q^* \vee q_1 \vee q_2 \vee q_3, q(t) = q^*\}.$$

Обмен сообщениями между проектировщиком и программной средой САПР может происходить с различной интенсивностью и различным размером самого сообщения (пакета). Для САПР ЖС характерным является высокая интенсивность обоюдной передачи контроля в тандеме «пользователь–программа» и незначительный размер пакета.

Так как схема путевого развития станции разрабатывается при помощи средств автоматизации, то и этап редактирования должен быть также компьютеризирован. В диссертации представлена соответствующая операционная среда, обеспечивающая программный анализ сконструированных объектов.

Формирование операционной среды САПР ЖС приводит к созданию структуры информационно-диалогового поля. Его особенность заключается в том, что в состав системы включаются не только подпрограммы-анализаторы, но и сам проектировщик. Целью взаимодействия управляющих и исполнительных органов является получение наиболее эффективного проектного решения.

Определенное таким образом информационно-диалоговое поле САПР ЖС выступает как своеобразная надстройка над типовой средой программного синтеза схемы путевого развития станции, обеспечивая удобный дополнительный сервис в работе. Вся рутинная работа по выбору необходимых данных, проверке выполнения требований инструкции по проектированию, сравнению различных вариантов схемы на определенных этапах скрыта от пользователя.

Благодаря тесному взаимодействию коммуникантов становится возможным создание эффективной системы разработки, редактирования, анализа и печати масштабных схем. Такой подход усиливает позиции САПР с точки зрения адаптации системы к конкретным условиям проектирования. Оставляя активную роль пользователю, программная оболочка подстраивается под него, предлагая весь арсенал средств для быстрой и эффективной разработки проектного решения. Происходит своеобразное проникновение возможностей программной среды в сферу деятельности проектировщика, а опыта и навыков проектировщика – в структуру процедурной реализации плана путевого развития. Чем органичнее симбиоз этих структур, тем большего эффекта можно ожидать от внедрения САПР в практику формирования схем станций.

В диссертации отмечается, что по существу рассматриваемая система автоматизации проектирования состоит из принципиально различных по своей природе частей. Подобного рода системы называются эргатическими, одной из существенных черт которых является свойство неоднозначности поведения в процессе функционирования. САПР ЖС как эргатическая система представляет собой *эргамат* – одноцелевой организм, состоящий из программы и челове-

ка и выполняющий определенную работу посредством управления системой проектировщиком.

Математическая модель эргатической системы представляет собой многокомпонентное отношение

$$M = \langle (A, P), y = f(x, u) \rangle,$$

где (A, P) – базис, над которым определено отношение $f(x, u)$ управляемой системы. Аксиоматика M вводит непротиворечивый набор правил и операций $P = \{P_0, P_1, P_2, \dots, P_k\}$. Данная система относится к категории динамических, которые изменяют свое поведение в зависимости от складывающихся факторов. Например, возрастание сложности проектируемого путевого развития требует активизации роли проектировщика. Насыщенная в технологическом отношении структура схемы станции не воспринимается программной средой САПР ЖС с точки зрения качества оценки полученного объекта (экономической, прагматической и др.). Для поддержания равновесного состояния возможностей системы автоматизации и пользователя последний берет на себя контроль над процессом проектирования. В этом случае проявляется своеобразный *технологический гомеостазис*, который заключается в поддержке относительного постоянства свойств САПР в восприятии формируемой схемы как цельного объекта, обладающего определенными качествами (предоставление требуемой емкости путевого развития, эффективное обслуживание подвижного состава и пр.).

В САПР ЖС как биотехнической системе активизируется также *информационный метаболизм*, поддерживающий ее функциональные способности благодаря конструктивному обмену информацией. В результате систематической «подкачки» новых сведений о среде проектирования, о динамически развивающемся объекте может наблюдаться синтезирование сложных структур путевого развития и технического оснащения.

Седьмая глава включает результаты технико-экономического анализа эффективности внедрения САПР ЖС. Однако отсутствие надежной методики оценки экономического эффекта внедрения информационных технологий в проектировании не позволяет определить реальный эффект от внедрения САПР. В настоящее время этот эффект носит исключительно оценочный характер. Его можно проверить и подтвердить (или скорректировать) только на этапе реального использования САПР. Поэтому в данной диссертации разработана обобщенная методика оценки эффективности технологии автоматизированного проектирования станций.

Сокращение времени проектирования при внедрении САПР и соответствующая экономия средств определяется сопоставлением затрат на подготовку проектных решений по существующей технологии организации работ и при использовании системы автоматизированного проектирования:

$$C_i^{M(A)} = \sum_{j=1}^k t_{ij}^{M(A)} c_{\text{час-ij}}^{M(A)} n_j \delta_j,$$

где $C_i^{M(A)}$ – расходы на проведение i -й операции при механической и автоматизированной технологии проектирования; C_1 – затраты на подготовку проекта (сбор исходных данных, рекогносцировка, геодезическая съемка, камеральные работы); C_2 – затраты на проведение расчетов основных параметров элементов путевого развития; C_3 – затраты на формирование схемы станции и возможных конкурентоспособных вариантных решений; C_4 – затраты на выдачу чертежного материала; C_5 – затраты на тиражирование схем станций.

Для реализации технологии производства проектных работ с использованием информационных технологий необходимо определить стоимость внедрения самой технологии САПР $C_{\text{тех}}$. Стоимость проекта включает в себя затраты на предпроектное консалтинговое обследование $C_{\text{САПР1}}$, в результате которого оцениваются реальные перспективы его прибыльности; на непосредственную реализацию проекта (приобретение лицензионного программного обеспечения, технических средств, каналов передачи данных, расходы на повышение квалификации и обучение персонала проектировщиков и других причастных лиц) $C_{\text{САПР2}}$; на внедрение системы $C_{\text{САПР3}}$; по содержанию САПР $\mathcal{E}_{\text{САПР}}$.

Практикой внедрения САПР в различных отраслях установлено, что все первоначальные расходы распределяются между тремя основными направлениями:

- 1) приобретение лицензионных программ $C_{\text{прог}}$ (30 %);
- 2) техническое обеспечение $C_{\text{техн}}$ (20 %);
- 3) установка САПР, обучение персонала, компенсация потерь предприятия из-за снижения производительности труда $C_{\text{обуч}}$ (50 %).

Внедрение информационных технологий в практику проектирования приводит на начальном этапе к снижению эффективности работы системы. Реально это приводит к тому, что требуется дополнительное время на освоение САПР. Как показали исследования, обучение и подготовка специалистов к профессиональному использованию САПР часто становится критическим фактором, обуславливающим успех внедрения. Производительность труда проектировщиков может снижаться на этапе внедрения САПР на 40–60 %.

В результате проведенных обследований и обобщения опыта практики использования САПР в других отраслях установлено, что уровень производительности работы проектировщиков механического проектирования достигается через 4–12 месяцев после начала внедрения САПР (рисунок 4). Кроме того, этот период зависит от степени подготовленности работников. Проектировщики, получившие предварительные навыки работы с САПР, начинают эффективно работать с САПР уже через 3–4 месяца.

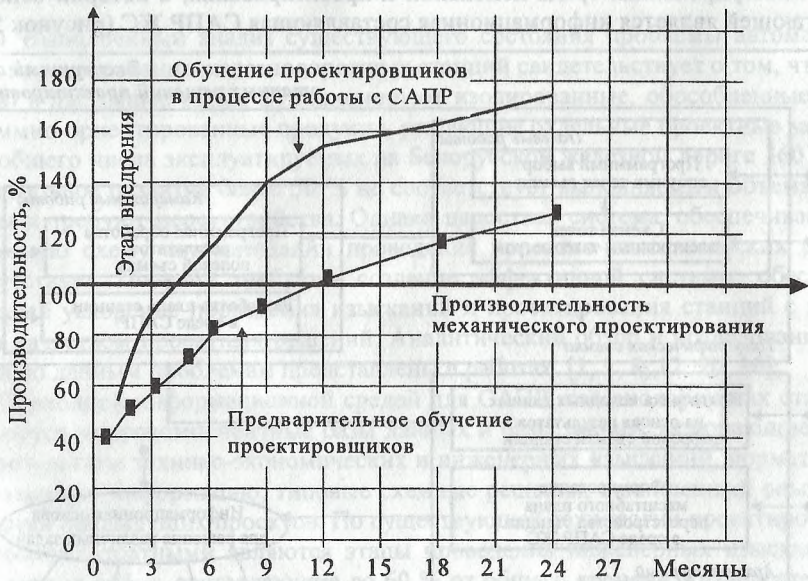


Рисунок 4 – Сравнительные графики роста производительности труда проектировщиков

Таким образом, предварительное обучение профессиональным навыкам работы с САПР позволяет сократить период адаптации проектировщиков к новой технологии и соответствующие затраты в 2–3 раза. Расчеты показывают, что наиболее значимыми параметрами, оказывающими влияние на эффективность САПР ЖС, являются стоимость программно-технического комплекса и уровень его обеспеченности на момент внедрения САПР, возрастной состав проектировщиков, сложность выполняемых проектных работ и затраты на обучение персонала. При этом ключевой проблемой является достигаемая производительность труда проектировщиков на начало плановой эксплуатации САПР ЖС.

Исследования, проведенные в диссертации, показывают, что исключительно важную роль играют темпы наращивания производительности, которые могут изменяться в зависимости от конкретных условий. Неопределенность исходной информации приводит к необходимости вероятностной оценки экономических показателей внедрения САПР и выбора соответствующей области безубыточности проекта. Согласно расчетам, выполненным для условий Белорусской железной дороги, срок окупаемости технологии автоматизированного проектирования в 2 года достигается при продолжительности периода внедрения САПР ЖС 1–1,5 года.

Результатом выполненных в диссертационной работе исследований является интегрированная среда изысканий и проектирования, в которой основополагающей является информационная составляющая САПР ЖС (рисунок 5).

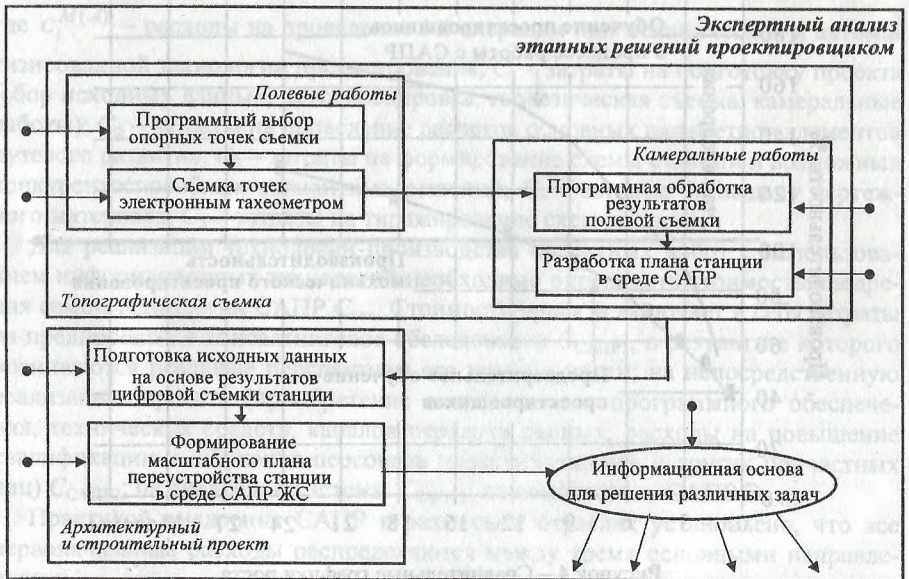


Рисунок 5 – Информационная основа проведения инженерных изысканий и проектирования

Следует отметить, что технология выполнения проектных работ в САПР ЖС не изменяется, так как по существу программно-ориентированные средства на практике используются (электронная съемка, элементы автоматизации проектирования). Однако реализация предлагаемого подхода способствует формированию сплошной среды автоматизации инженерных изысканий и проектных работ. САПР ЖС становится функциональной основой всего комплекса выполняемых операций. Применение САПР ЖС при съемке и разработке масштабных планов существующего путевого развития ряда сортировочных станций Белорусской железной дороги показало высокую эффективность предлагаемой методологии. Продолжительность производства изыскательских работ сокращается в 1,5 – 2,5 раза, а этапа проектирования – в 2 – 2,5 раза.

Кроме непосредственной экономии при внедрении САПР ЖС следует отметить ряд косвенных эффектов, позволяющих расширить области применения электронного масштабного плана станции, который становится элементом организационно-технического обеспечения предприятия, основой для создания транспортно-информационных систем, центральным звеном формирования корпоративной базы данных инфраструктуры железнодорожного узла.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1 Выполненный анализ существующего состояния проблемы автоматизации проектирования железнодорожных станций свидетельствует о том, что:

а) в настоящее время функционируют изолированные, обособленные программно-ориентированные продукты, решающие отдельные проектные задачи. Из общего числа эксплуатируемых на Белорусской железной дороге 360 станций путевое развитие более 50 % не соответствует выполняемым объемам работы и требуют переустройства. Однако целостная система, обеспечивающая сквозную схему автоматизации проведения проектно-изыскательских работ, отсутствует. Поэтому требуется создание эффективной системы, обеспечивающей ускорение проведения изысканий и проектирования станций с высоким качеством проектных решений. Аналитический обзор и исследования автора по данным проблемам представлены в работах [1, 2, 8, 12, 20, 30];

б) входной информационной средой для САПР железнодорожных станций являются многокомпонентные базы данных и базы знаний, включающие в себя результаты технико-экономических и инженерных изысканий, нормативно-справочную информацию, типовые схемные решения, накопленный опыт разработки предыдущих проектов. По существующей технологии проектирования наиболее затратными являются этапы проведения инженерных изысканий и проектных работ, составляющие до 60 % от общего времени жизнедеятельности проекта и до 70 % соответствующих затрат. Наблюдается разобщенность в информационном обеспечении этапов цифровой съемки станционных объектов и последующей автоматизации проектных работ. Поэтому в диссертации разработана методика формирования единого информационного пространства для выполнения всего комплекса проектно-изыскательских работ. Реализация технологии сквозного автоматизированного проектирования позволяет сократить продолжительность полевых измерений и камеральных работ в 2–2,5 раза. Основные результаты по данным исследования приведены в [11, 23, 30, 32, 39, 40].

2 Нормативно-справочные данные являются принципиально значимой основой эффективности проектных решений. Однако в существующих инструкциях многие положения содержат расплывчатые и нечетко определенные конструкции. Изучение этих документов показало, что около 20 % всех положений используют более 300 различных языковых схем с нечетким смысловым содержанием. Эти положения не могут использоваться в САПР как входные данные для проектирования. Поэтому в диссертации использован целый ряд логико-лингвистических методов для формализации нормативных сведений. Их реализация позволяет устранить многозначность требований без потери информативности и в 4 раза сократить объем инструктивных сведений, переносимых в САПР. Результаты анализа нормативных требований проектирования станций приведены в [3, 7, 9, 14, 25, 26, 33, 37].

3 Конструкторской основой САПР железнодорожных станций определена структурированная среда формирования объектов путевого развития. В диссертации разработаны правила функционирования шаблонов различного уровня сложности на основе алфавита модульных конструктивов, в состав которого входят базовые элементы, расширенные модули проектирования и объекты-контейнеры. Установлено, что использование модульных объектов высокого уровня интеграции сокращает продолжительность автоматизированного проектирования на 20–25 % и снижает затраты адресного пространства для хранения выходного файла на 15–20 %. Полученные результаты по автоматизации собственно процесса проектирования опубликованы в ряде работ [2, 5, 6, 10, 13, 16, 20, 24, 27, 30, 34].

4 Цифровая схема путевого развития станций тесно связана с технологическими особенностями выполнения различных операций. В диссертации разработаны принципы формирования технико-технологических модулей проектирования, обеспечивающих сопряжение геометрических образов и соответствующих технологических операций. Использование установленных принципов функционирования технико-технологических модулей позволяет определить бесконфликтные схемы станций с программным анализом их технологических возможностей. Данный подход обеспечивает формирования на основе САПР различных вариантных проектных решений. Результаты исследований по проблемам разработки интегрированной среды САПР, связывающей формирование путевого развития с учетом особенностей выполнения технологических операций, представлены в работах [1–4, 10, 11, 15, 18, 21].

5 Эффективное автоматизированное проектирование неразрывно связано с разработкой теоретической модели формирования схемы станции. В диссертации развивается двухкомпонентная теоретико-множественная модель структуры станции. Определено множество структурированных объектов и соответствующих операций, выражающих правила взаимодействия различных форм. Данный подход позволил в диссертации формализовать процесс разработки цифрового масштабного плана станции с ведением соответствующих баз данных. Эти результаты опубликованы в [2, 9, 24, 28, 29, 33, 35, 40].

6 Установлено, что высокая эффективность САПР железнодорожных станций обеспечивается приоритетной ролью проектировщика. Более 90 % всей продолжительности проектного процесса занимает диалоговый режим взаимодействия коммуникантов. При этом более 60 % всех запросов на формирование цифровой схемы станции инициируется проектировщиком. Формирование целостной человеко-машинной среды проектирования позволяет рассматривать САПР ЖС как эргатическую систему, обеспечивающую получение проектных решений высокого качества без формального описания опыта, заменяя его непосредственным контролем проектировщика. Особенности взаимодействия коммуникантов в САПР ЖС изучаются в работах [3, 17, 19, 20, 36].

7 На основе проведенных теоретических исследований разработана программная среда пакета автоматизации проектирования железнодорожных станций. Функциональные возможности САПР ЖС, реализованные в более чем 200 программных модулях, позволяют проводить сквозную многоуровневую схему изыскательских и проектных работ. Практически установлено, что интегрированная программная основа инженерных изысканий и проектирования позволяет сократить продолжительность разработки проектов промежуточных станций на 20–25 %, участковых – в 1,5–1,8 раза, сортировочных станций – в 1,5–2 раза. Формат хранения цифровых схем станций на магнитных носителях отличается высокой компактностью. Для записи масштабного плана крупного железнодорожного узла достаточно емкости одной дискеты, а путевое развитие и техническое оснащение всех отдельных пунктов Белорусской железной дороги может храниться на одном компакт-диске. Разработанная среда автоматизации проектирования станций позволит проводить широкий комплекс работ, связанных с инженерным анализом данных и решением важных прикладных задач для других подразделений станций и отделений дорог. Технико-экономический анализ проблемы автоматизации проектирования станций рассматривается в работах [1, 2, 16, 22, 28, 29, 38].

Основные положения диссертации опубликованы в следующих работах:

Монографии

- 1 Головнич А. К. Автоматизация проектирования железнодорожных станций. Гомель: БелГУТ, 2001. – 202 с.
- 2 Правдин Н. В., Головнич А. К., Вакуленко С. П. Основы автоматизации проектирования железнодорожных станций. – М.: Маршрут, 2004. – 400 с.

Учебник

- 3 Правдин Н. В., Головнич А. К. Основы автоматизированного проектирования железнодорожных станций //Шубко В.Г., Правдин Н.В. Железнодорожные станции и узлы: Учебник для вузов. – М.: УМК МПС России, 2002. – Гл. 16. – С. 261–277.

Статьи в журналах

- 4 Правдин Н. В., Головнич А. К. Автоматизированному проектированию станций – технико-технологическую основу // Железнодорожный транспорт. – 1999. – № 7. – С. 25–28.
- 5 Правдин Н. В., Головнич А. К. Оценка структуры раздельного пункта с использованием САПР // Транспорт. – 1999. – №5. – С.22–29.
- 6 Правдин Н. В., Головнич А. К. Карта маршрутов в автоматизированном проектировании путевого развития железнодорожной станции // Транспорт. – 2000. – № 4. – С. 15–21.
- 7 Правдин Н. В., Головнич А. К. Применение теории нечетких множеств при разработке баз знаний САПР железнодорожных станций // Вестник ВНИИЖТа. – 2000. – № 1. – С. 28–31.
- 8 Правдин Н. В., Головнич А. К. Сравнительная характеристика механического и автоматизированного подходов к проектированию раздельных пунктов // Транспорт. – 2000. – № 2. – С. 7–11.
- 9 Правдин Н. В., Головнич А. К. Компьютерное представление нормативных требований для проектирования станций // Железнодорожный транспорт. – 2000. – № 6. – С. 70–73.
- 10 Правдин Н. В., Головнич А. К., Вакуленко С. П. Идентификация раздельных пунктов при автоматизированном проектировании схем // Железнодорожный транспорт. – 2000. – № 11. – С. 36–39.
- 11 Правдин Н. В., Воронин В. С., Головнич А. К., Смоленчук В. С., Власюк Т. А. Основы разработки цифровой модели сети железных дорог // Транспорт. – 2000. – № 10. – С. 2–3.
- 12 Правдин Н. В., Головнич А. К. Этапная реализация системы автоматизированного проектирования железнодорожных станций // Транспорт. – 2000. – № 10. – С. 19–26.
- 13 Правдин Н. В., Головнич А. К. Принципиальные основы функциониро-

вания информационно-диалогового поля САПР железнодорожных станций // Вестник ВНИИЖТа. – 2000. – № 6. – С. 41–46.

14 Правдин Н. В., Адаменко Г. М., Головнич А. К. Использование логического метода при формализации нормативных знаний предметной области в САПР // Транспорт. – 2001. – № 1. – С. 7–9.

15 Правдин Н. В., Головнич А. К., Вакуленко С. П. Основы формирования системной среды автоматизации проектирования путевого развития и технологического обеспечения поездопотоков на железнодорожных станциях // Транспорт. – 2001. – № 7. – С. 24–34.

16 Головнич А. К. Концепция построения вариативных объектов САПР при проектировании схем станций // Вестник БелГУТа. Наука и транспорт. – 2001. – № 1. – С. 14–16.

17 Правдин Н. В., Головнич А. К., Власюк Т. А. Опыт проектирования в среде интерактивных САПР железнодорожных станций // Транспорт. – 2001. – № 11. – С. 2–6.

18 Правдин Н. В., Головнич А. К., Вакуленко С. П., Власюк Т. А. Проектирование и расчет пассажирских транспортных центров крупных городов с помощью САПР // Транспорт. – 2002. – № 1. – С. 10–20.

19 Правдин Н. В., Головнич А. К., Власюк Т. А. Концептуальные основы разработки эвристических САПР на железнодорожных станциях // Транспорт. – 2002. – № 2. – С. 10–14.

20 Правдин Н. В., Головнич А. К., Вакуленко С. П. Особенности внедрения систем автоматизированного проектирования // Транспорт. – 2002. – № 9. – С. 21–24.

21 Головнич А. К. Особенности применения информационных технологий в практике автоматизированного проектирования технических систем // Материалы, технологии, инструменты. – 2003. – № 2. – С. 55–58.

22 Головнич А. К. Особенности расчета экономической эффективности САПР / Вестник БелГУТа. Наука и транспорт. – 2003. – № 1. – С. 57–60.

23 Правдин Н. В., Воронин В. С., Головнич А. К., Вакуленко С. П. Информационная среда инженерных сетей железнодорожных станций // Транспорт. – 2003. – № 11. – С. 9–17.

Статьи в сборниках научных трудов

24 Головнич А. К. Алгоритм распознавания базовых графических структур в системе автоматизированного проектирования железнодорожных станций // Совершенствование конструкции, ремонта и обслуживания подвижного состава: Сб. науч. ст.; Под ред. В. И. Сенько. – Гомель: БелГУТ, 1998. – С. 154–163.

25 Головнич А. К. Использование адресной функции для хранения в памяти ЭВМ дискретных данных // Актуальные проблемы технологии, информатики и маркетинга на железнодорожном транспорте: Сб. науч. тр. – Гомель: БелГУТ, 1999. – С. 62–65.

26 Головнич А. К. Основы инженерии знаний в САПР железнодорожных станций // Совершенствование эксплуатационной работы железных дорог в современных условиях: Межвуз. сб. науч. тр. – СПб.: ПГУ ПС, 1999. – С. 104–106.

27 Правдин Н. В., Головнич А. К. Особенности проектирования путевого развития и технического оснащения раздельных пунктов в автоматизированном режиме // Совершенствование эксплуатационной работы железных дорог в современных условиях: Межвуз. сб. науч. тр. – СПб.: ПГУ ПС, 1999. – С. 104–106.

28 Головнич А. К. Программирование операций проектирования горловины железнодорожной станции в среде AutoCAD // Проблемы развития транспортных коммуникаций: Сб. науч. тр. – Гомель: БелГУТ, 2000. – С. 126–133.

29 Правдин Н. В., Головнич А. К. Разработка схемы латентной реализации процедур расчета и автоматизированного проектирования железнодорожных станций // Проблемы развития транспортных коммуникаций: Сб. науч. тр. – Гомель: БелГУТ, 2000. – С. 88–97.

30 Головнич А. К. Особенности автоматизированного подхода к проектированию транспортных объектов // Совершенствование работы транспортных систем. Сб. науч. тр.; Под ред. А. А. Михальченко. – Гомель: БелГУТ, 2001. – С. 103–106.

31 Головнич А. К. Концептуальная модель развития автоматизированного подхода к проектированию транспортных объектов // Совершенствование работы транспортных систем: Сб. науч. тр.; Под ред. А. А. Михальченко. – Гомель: БелГУТ, 2001. – С. 106–110.

Материалы, тезисы докладов и выступлений на конференциях

32 Головнич А. К., Правдин А. Н. Некоторые аспекты построения САПР железнодорожных станций // Проблемы повышения функциональной устойчивости работы транспортного комплекса и его кадрового обеспечения в условиях рынка: Тез. докл. междунар. науч.-практ. конф. – Гомель: БелИИЖТ, 1993. – С. 27–28.

33 Головнич А. К. Принципы разработки графических баз данных для систем автоматизированного проектирования железнодорожных станций // Ресурсо- и энергосберегающие технологии на транспорте и строительном комплексе: Тез. докл. междунар. науч.-практ. конф. – Гомель: БелГУТ, 1995. – С. 26.

34 Гавриков С. В., Головнич А. К. Мониторинг процесса движения материальной точки по кривой // Актуальные проблемы информатики: математическое, программное и информационное обеспечение: Материалы докл. V межгос. науч. конф. – Минск: БГУ, 1996. – С. 248.

35 Головнич А. К. Применение интеллектуальных алгоритмов в САПР железнодорожных станций // Актуальные вопросы развития транспортных систем: Материалы докл. науч.-техн. конф. – Гомель: БелГУТ, 1998. – С. 43.

36 Головнич А. К. Оценка эффективности работы интерактивного и пакетного режимов САПР транспортных объектов // Вклад вузовской науки в развитие приоритетных направлений производственно-хозяйственной деятельности, разработку экономичных и экологически чистых технологий и прогрессивных методов обучения: Материалы докл. науч.-техн. конф. – Минск: БГПА, 2000. – С. 80.

37 Головнич А. К. Применение лингвистических методов обработки нормативных документов для получения формализованной структуры базы знаний САПР // Вклад вузовской науки в развитие приоритетных направлений производственно-хозяйственной деятельности, разработку экономичных и экологически чистых технологий и прогрессивных методов обучения: Материалы докл. науч.-техн. конф. – Минск: БГПА, 2000. – С. 81.

38 Головнич А. К. Использование неравновесных моделей механических систем при расчете эффективности САПР // Динамические и технологические проблемы механики конструкций и сплошных сред. – Материалы IX международного симпозиума. – Ярополец, 2003. – С. 9–10.

39 Головнич А. К., Калиновский В. М. Принципы построения адекватной электронной модели схемы существующей станции в AutoCAD / Проблемы и перспективы развития транспортных систем и строительного комплекса // Материалы междунар. науч.-практ. конф. Ч. 2. – Гомель: БелГУТ, 2003. – С. 14–15.

40 Головнич А. К., Падалица В. А. Особенности разработки электронной схемы путевого развития железнодорожной станции / Проблемы и перспективы развития транспортных систем и строительного комплекса // Материалы междунар. науч.-практ. конф. Ч. 2. – Гомель: БелГУТ, 2003. – С. 15–16.

РЭЗЮМЕ

Галоўніч Аляксандр Канстанцінавіч

НАВУКОВЫЯ АСНОВЫ ФАРМІРАВАННЯ ІНТЭГРЫРАВАНАЙ СІСТЭМЫ АЎТАМАТЫЗАВАНАГА ПРАЕКТАВАННЯ ЧЫГУНАЧНЫХ СТАНЦЫЙ

Ключавыя словы: праектаванне, станцыі, аўтаматызацыя, фармалізацыя, тапаграфічнае зніманне, інфармацыйнае забяспячэнне, праграма, пакет, тэхналогія, інтэрактыўнае ўзаемадзеянне, кантроль, укараненне, дакументацыя, вартасць, эфектыўнасць.

У дысэртацыі распрацаваны тэарэтычныя і прыкладныя асновы аўтаматызацыі працэсаў правядзення ўсяго комплексу палявых работ і праектавання перабудовы чыгуначных станцый, забяспечваючыя эфектыўнае выкарыстанне інфармацыйных тэхналогій у праекціровачнай дзейнасці на чыгуначным транспарце. Прапанаваны методыкі правядзення знімання элементаў пуцявога развіцця, якія дазваляюць звязаць цыфравыя даныя электроннай тахеаметрыі і распрацаванай аўтарам сістэмы аўтаматызацыі праектавання.

У рабоце паказаны практычныя прыёмы фармалізацыі нарматыўных даных з выкарыстаннем лінгвістычных сродкаў апрацоўкі невыразнай інфармацыі і тэматычнай класіфікацыяй базавых лексем. Гэтыя спосабы дазволілі вылучыць фіксаваную складаючую нарматыўных палажэнняў, уваходзячую ў САПР, без страты значнай інфармацыі.

Аўтарам распрацавана праграмнае асяроддзе САПР чыгуначных станцый, якое з'яўляецца асновай для інтэгрыраванай інфармацыйнай сістэмы правядзення інжынерных пошукаў і праектных работ на чыгуначных станцыях і ў вузлах. Паказаны вынікі даследаванняў узаемадзеяння праекціроўшчыка і праграмнага асяроддзя як аб'ектаў агульнай эргатычнай сістэмы.

Паказана, што выкарыстанне гэтай сістэмы дазваляе рэалізаваць скразную схему правядзення праектна-пошукных работ пры значна скарачэнні часу выканання асобных этапаў.

Тэхнічныя, праграмныя і тэхналагічныя рашэнні, атрыманыя ў гэтай дысэртацыі, укаранены ў практыку работы праектных арганізацый, выконваючых інжынерны аналіз і экспертызу праектных рашэнняў па развіццю чыгуначных станцый і вузлоў.

РЕЗЮМЕ

Головнич Александр Константинович

НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ ФОРМИРОВАНИЯ ИНТЕГРИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ СТАНЦИЙ

Ключевые слова: проектирование, станции, автоматизация, формализация, топографическая съемка, информационное обеспечение, программа, пакет, технология, интерактивное взаимодействие, контроль, внедрение, документация, стоимость, эффективность.

В диссертации разработаны теоретические и прикладные основы автоматизации процессов проведения комплекса полевых работ и проектирования переустройства железнодорожных станций, обеспечивающие эффективное использование информационных технологий в проектной деятельности на железнодорожном транспорте. Предложены методики проведения съемки элементов путевого развития, которые позволяют связать цифровые данные электронной тахеометрии и разработанную автором систему автоматизации проектирования.

В работе представлены практические приемы формализации нормативных данных с использованием лингвистических средств обработки нечеткой информации и тематической классификацией базовых лексем. Эти способы позволили выделить фиксированную составляющую нормативных положений, входящую в САПР, без потери значимой информации.

Автором разработана программная среда САПР железнодорожных станций, являющаяся основой для интегрированной информационной системы проведения инженерных изысканий и проектных работ на железнодорожных станциях и в узлах. Приведены результаты исследований взаимодействия проектировщика и программной среды как объектов единой эргатической системы.

Показано, что использование данной системы позволяет реализовать сквозную схему проведения проектно-исследовательских работ при значительном сокращении продолжительности времени исполнения отдельных этапов.

Технические, программные и технологические решения, полученные в данной диссертации, внедрены в практику работы проектных организаций, выполняющих инженерный анализ и экспертизу проектных решений по развитию железнодорожных станций и узлов.

THE RESUME

Aleksandr K. Golovnich

**SCIENTIFIC BASES OF CREATION
OF INTEGRATED SYSTEM OF RAILWAY STATIONS
COMPUTER AIDED DESIGN**

Keywords: design, stations, automation, formalising, topographic survey, infware, program, package, technology, interactive interaction, control, introduction, documentation, efficiency.

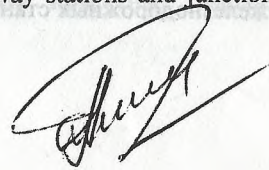
In a thesis the theoretical and applied bases of automation process of realisation of field operations complex and design of railway stations reorganization providing effective use of information technologies and project on railway transport are developed. The technique of realization of track development elements survey which allow to combine electronic tacheometric numeric data with automated design system is developed by the author.

In the work some practical methods of the normative data formalization with the use of linguistic means of indistinct information processing and subject classification of base lexemes are presented. These methods gave possibility to point out fixed component of normative positions included into CAD without losses of significant information.

The author developed railway stations CAD software environment which is the basic for integrated information system of realization of engineering prospecting and design operations on railway stations and junctions. The results of the research of the interaction of the designer and software environment as object of the single ergatic system are given.

It is shown that usage of the given system allows to realize a through scheme of exploration and design work realization at considerable cut of the duration of some stages.

Technical, program and technological solutions obtained in given thesis are introduced into practical work of design organizations which carry out engineering analysis and expertise of design solutions on railway stations and junctions development.



Научное издание

ГОЛОВНИЧ Александр Константинович

**Научные основы формирования интегральной системы
автоматизированного проектирования железнодорожных станций**

Автореферат диссертации на соискание ученой степени
доктора технических наук

Подписано в печать 13.10.2004 г. Формат 60 x 84 ¹/₁₆. Бумага офсетная.
Печать на ризографе. Усл. печ. л. 2,32. Тираж 100 экз. Зак. № 1778 .

Типография УО «БелГУТ», 246022, г. Гомель, ул. Кирова, 34.
Лицензия № 02330/0148780 от 30.04.2004 г.