

РГБ ОА
10 НОЯ 1998

На правах рукописи

Очеретов Дмитрий Владимирович

АЛГОРИТМИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ ПОТОКАМИ
ТРАНСПОРТНЫХ ОБЪЕКТОВ НА ОСНОВЕ ИНТЕГРАЦИИ СРЕДСТВ
ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Специальность 05.13.14. -- Системы обработки информации в управлении

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Воронеж - 1998

Работа выполнена в Воронежском государственном
техническом университете

Научный руководитель: д-р техн. наук, проф. Бурковский В.Л.

Официальные оппоненты: д-р техн. наук, проф. Бухарин С.В.,
канд. техн. наук Кулаков А.В.


Ведущая организация: АО НПК(о) "Энергия" (г. Воронеж)

Защита диссертации состоится 19 ноября 1998 г. в 10 часов в
конференц-зале на заседании диссертационного совета К063.81.04 при
Воронежском государственном техническом университете по адресу:
394026 г. Воронеж, Московский проспект, 14.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке
Воронежского государственного технического университета

Автореферат разослан "16" октября 1998 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета



Бурковский В.Л.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность проблемы. Вследствие непрерывного роста современных городов, увеличения подвижности населения и объема пассажирских перевозок, расширения транспортных и маршрутных сетей, увеличения количества транспортных единиц и интенсивности движения на маршрутах транспортные системы часто оказываются не в состоянии обеспечить необходимый уровень обслуживания пассажиропотоков. Транспортная проблема со временем становится все острее (и опыт крупных городов свидетельствует об этом), поскольку рост потребностей общества в передвижениях пассажиров происходит в условиях относительно стабильной дорожной сети и практически неизменной технологии транспортного обслуживания, т.е. опережает возможности роста транспортных систем.

Городские транспортные сети с позиции решения проблемы управления относятся к классу систем с пространственно распределенными объектами, что ограничивает возможность использования для их исследования традиционных математических методов моделирования и оптимизации.

Все это требует разработки современного математического аппарата, ориентированного на реализацию в рамках интегрированных информационных компьютерных систем с активным включением сервисных компонентов, обеспечивающих эффективный процесс взаимодействия при принятии управленческих решений.

Таким образом, актуальность темы диссертационной работы обоснована необходимостью повышения качества обслуживания пассажиропотоков в рамках информационно-управляющей системы маршрутно-транспортной сети за счет использования специальных средств имитационного моделирования и алгоритмических средств автоматизации управления потоками транспортных объектов.

Тематика диссертационной работы связана с реализацией разделов НИР, выполненных по гранту "Разработка имитационных средств управления потоками транспортных объектов", и соответствует научному направлению ВГТУ "САПР и системы автоматизации производства".

Целью работы является разработка информационно-управляющей системы, обеспечивающей моделирование, анализ и выбор оптимальных управляющих решений, применительно к специфике функционирования развитых сетевых транспортных объектов со сложной структурой информационных потоков на основе реализации аппарата имитационного моделирования.

Исходя из этой цели, в работе решались следующие основные задачи:

- определение структуры и состава информационно-управляющей системы управления потоками транспортных объектов, а также средств алгоритмического и программного обеспечения;
- построение и исследование объектно-ориентированной имитационной модели потоков транспортных объектов;
- разработка алгоритмов автоматизации управления потоками транспортных объектов для решения следующих задач: 1) определение потребности транспортного ресурса; 2) перераспределение транспортного ресурса между маршрутами сети; 3) формирование экспресс и укороченных маршрутов; 4) оперативная маршрутизация в условиях сбойных ситуаций; 5) оперативное перераспределение пассажиропотоков;
- создание специального программного обеспечения системы управления потоками транспортных объектов, в рамках которого интегрированы объектно-ориентированная имитационная модель и алгоритмические средства решения задач автоматизации управления потоками транспортных объектов.

Методы исследования основаны на использовании теорий имитационного моделирования, теории массового обслуживания, теории графов, теории множеств, математической статистики, вычислительной математики, объектно-ориентированного программирования, компьютерных технологий.

Научная новизна основных результатов диссертационной работы:

- Разработана структура интегрированной информационно-управляющей системы транспортной маршрутной сети, отличающаяся наличием развитых средств поддержки алгоритмов оперативного управления потоками транспортных объектов.
- Предложен способ формализованного описания процессов обслуживания пассажиропотоков, реализующий математические средства теории массового обслуживания и позволяющий воспроизвести сложную стратегию функционирования компонентов объекта управления.
- Осуществлена алгоритмизация процедур моделирования в рамках объектно-ориентированной имитационной модели потоков транспортных объектов, позволяющая реализовать оперативную адаптацию модели к изменяющимся условиям объекта управления.
- Разработан комплекс алгоритмических средств решения задач автоматизации управления потоками транспортных объектов.

- Разработаны элементы специального программного обеспечения интегрированной системы управления потоками транспортных объектов, отличающиеся наличием развитых средств доступа к локальным и удаленным базам данных.

Практическая значимость работы. Предложенные в работе объектно-ориентированная имитационная модель и алгоритмические средства автоматизации управления потоками транспортных объектов реализованы в составе специального программного обеспечения, ориентированного на использование в рамках промышленной системы управления транспортом.

Предлагаемое специальное программное обеспечение может быть использовано как для решения прикладных транспортных задач, так и при проведении научных исследований и в учебном процессе.

Использование результатов работы для решения прикладных транспортных задач позволяет получить экономический эффект за счет рационального использования транспортного ресурса и повышения качества обслуживания пассажиропотоков.

Реализация и внедрение результатов работы. Основные теоретические и практические результаты работы реализованы в виде специального программного обеспечения, интегрированного в рамках комплекса программных средств автоматизированной системы диспетчерского управления городским пассажирским транспортом г.Воронежа. Оценочный годово-вой экономический эффект от внедрения результатов диссертационной работы в рамках трех маршрутов городского пассажирского транспорта составляет сто двадцать тысяч рублей в ценах мая 1998г. Эффект достигается за счет рационального использования транспортного ресурса и повышения уровня транспортного обслуживания пассажиров.

Апробация работы. Основные результаты докладывались и обсуждались на X научно-технической отраслевой конференции "Средства и пути повышения надежности видеоматрифоноов" (Воронеж, 1996), на Республиканской электронной научной конференции "Современные проблемы информатизации" (Воронеж, 1997), Всероссийском совещании-семинаре "Математическое обеспечение информационных технологий в технике, образовании и медицине" (Воронеж, 1998), III Международной электронной научной конференции "Современные проблемы информатизации" (Воронеж, 1998).

Публикации. По результатам исследований опубликовано 11 печатных работ.

Структура и объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы из 131 наименования

и содержит 119 страниц машинописного текста, 22 рисунка, 3 таблицы и приложения на 15 страницах.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении показана актуальность проблемы, сформулированы цели и основные задачи исследования, представлены основные научные результаты, приведено краткое содержание работы по главам.

В первой главе проведен анализ общей проблематики вопросов управления потоками транспортных объектов, дано обоснование необходимости использования в контурах управления средств имитационного моделирования и алгоритмизации задач оперативного управления.

Анализ исследуемой проблемы показал исключительную сложность данной задачи, обусловленную многофункциональным и многоуровневым характером транспортных систем, децентрализацией планирования и управления, динамическим и вероятностным характером изучаемых процессов, активностью объекта управления, которая требует учета многочисленных психологических и социально-экономических факторов.

Недостаточное внимание к использованию комплексного подхода при рассмотрении данных вопросов приводит к тому, что проектируемые и внедряемые автоматизированные системы управления транспортными сетями во многих случаях работают неэффективно из-за недостаточного обоснования выбора структуры системы, требований к информации, техническому и программному обеспечению.

Анализ отечественного и зарубежного опыта проектирования и внедрения систем управления потоками транспортных объектов позволяет выявить их особенности, возможности использования в различных транспортных системах и определить направления дальнейшего развития. Важнейший вывод, вытекающий из данного анализа, состоит в том, что эффективность планирования и управления транспортными системами можно существенно повысить при использовании методов моделирования, значение которых в условиях эксплуатации современных транспортных систем особенно возрастает благодаря сложности системы, многоуровневому характеру ее функционирования, необходимости централизованного оперативного управления, значительному числу управляющих объектов, быстрому изменению величин пассажиропотоков и дислокации транспортных единиц во времени и пространстве, необходимости принятия решений в условиях дефицита времени, информации и транспортного ресурса.

Моделирование: 1) является хорошим способом накопления обширной информации о характеристиках транспортной системы; 2) позволяет определить, какие переменные являются важными и каким образом они воздействуют, в конечном счете это может привести к выводу аналитических выражений (при моделировании можно использовать различные критерии оптимизации); 3) дешевле многих других экспериментов, 4) дает интуитивное представление об исследуемой транспортной системе; 5) обеспечивает контроль над временем, позволяя сжимать и растягивать моделируемый транспортный процесс по сравнению с реальным процессом; 6) является безопасным способом исследования.

Рассмотрены преимущества и недостатки семейства аналитических и имитационных методов моделирования транспортных сетей, а также возможности и особенности их использования в контурах управления.

Анализ вопросов, связанных с проблемами автоматизации управления потоками транспортных объектов, а также теоретических и практических наработок по данной теме позволил определить ряд задач оперативного управления, не получивших достаточного рассмотрения в решении и позиции их алгоритмизации.

Дана характеристика технического и программного обеспечения действующих промышленных систем автоматизированного управления транспортными сетями.

На основании проведенных исследований сформулированы основные требования к разработке математического и программного обеспечения средств имитационного моделирования и алгоритмизации управления потоками транспортных объектов.

Вторая глава посвящена вопросам обоснования вЂЂбазы структуры и информационно-управляющей системы управления потоками транспортных объектов применительно к маршрутной сети.

С помощью системы управления потоками транспортных объектов становится возможным гибко управлять транспортным ресурсом на маршрутах, получать и обрабатывать большое количество информации об условиях движения: пиковых нагрузках и перевозках пассажиров, критических потоках на транспортных сетях, заторах и сбоях в движении, их причинах и др.

Включение в программное и алгоритмическое обеспечение системы управления потоками транспортных объектов средств имитационного моделирования позволяет значительно расширить круг решаемых задач и производить оперативную качественную оценку принимаемых решений на основе имитационного моделирования.

Особенности информационного взаимодействия в значительной степени определяется составом и функциональными возможностями специального ПО системы управления потоками транспортных объектов.

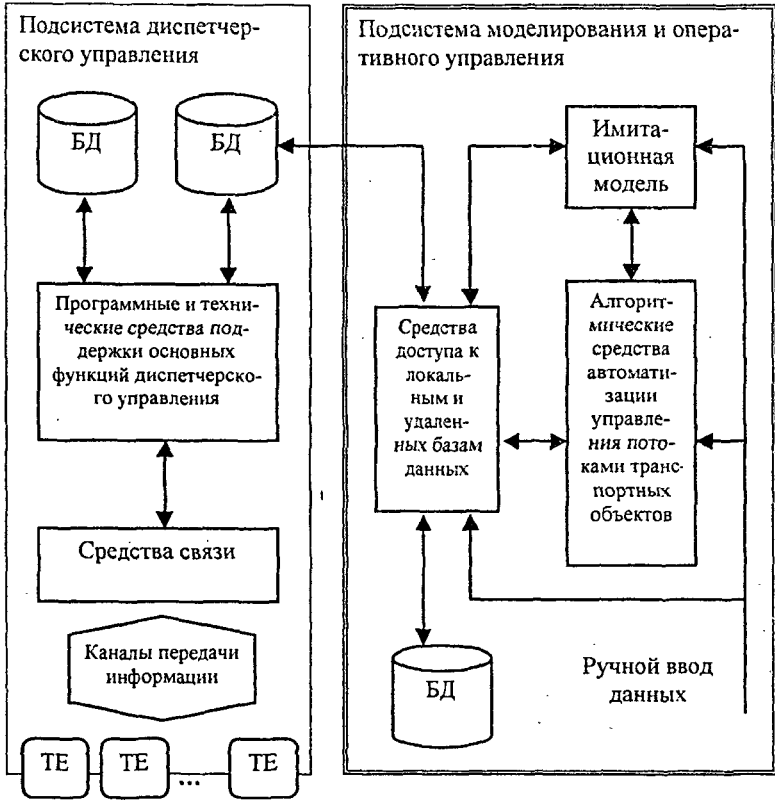


Рис.1. Структура интегрированной информационно-управляющей системы транспортной маршрутной сети

Разграничение в составе специального программного обеспечения (ПО) аппарата имитационного моделирования и алгоритмических средств

автоматизации управления позволяют провести и разграничение информационных потоков, что в значительной мере способствует более наглядному и четкому представлению структуры системы. Характер информационных потоков системы подчеркивает универсальность специального ПО, которое позволяет осуществлять как ручной ввод информации, так и использование для это цели баз данных.

В третьей главе рассмотрена структура и состав объектно-ориентированной имитационной модели потоков транспортных объектов, а также дано формализованное описание процессов обслуживания пассажиропотоков, реализующее математические средства теории массового обслуживания и позволяющее воспроизвести сложную стратегию функционирования компонентов объекта управления.

Имитационная модель моделирует движение транспортных единиц (ТЕ) по маршрутам сети и процесс перевозки пассажиров; она состоит из набора функциональных блоков, каждый из которых ориентирован на выполнение определенной процедуры, что существенно упрощает формирование вариантов модели. Функциональные блоки реализуют соответственно процесс моделирования, имитируя движение ТЕ, их загрузку на остановочных пунктах, посадку пассажиров в ТЕ, и обрабатывают результаты моделирования. Выбор ТЕ, которая будет моделироваться, определяется минимизацией времени подхода всех ТЕ к их очередным остановочным пунктам. Это минимальное время принимается за очередное приоритетное значения текущего времени моделирования. Информация о пассажиропотоках используется в виде матрицы корреспонденций по маршрутам сети.

Информационную компоненту имитационной модели составляют:

- 1) структура сети $Y = \{S, D, R\}$, где S - множество остановочных пунктов, D - множество возможных перемещений транспортных единиц, R - множество всех маршрутов транспортной сети;
- 2) матрицы корреспонденций $\lambda_{ij\alpha}$ описывають количественные характеристики пассажиропотоков в рамках каждого маршрута транспортной сети

$$\lambda_{\alpha} = \begin{bmatrix} \lambda_{11\alpha} & \lambda_{12\alpha} & \dots & \lambda_{1N_{\alpha}\alpha} \\ \lambda_{21\alpha} & \lambda_{22\alpha} & \dots & \lambda_{2N_{\alpha}\alpha} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \lambda_{N_{\alpha}1\alpha} & \lambda_{N_{\alpha}2\alpha} & \dots & \lambda_{N_{\alpha}N_{\alpha}\alpha} \end{bmatrix} = \lambda_{ij\alpha};$$

где $\lambda_{ij\alpha}$ - интенсивность поступления пассажиропотоков с остановочного пункта с номером i на остановочный пункт с номером j в рамках маршрута α ; N_{α} - количество остановочных пунктов маршрута α ;

3) транспортный ресурс $B^* = \{B_1, B_2, \dots, B_N\}$, где N - общее количество транспортных единиц транспортной сети.

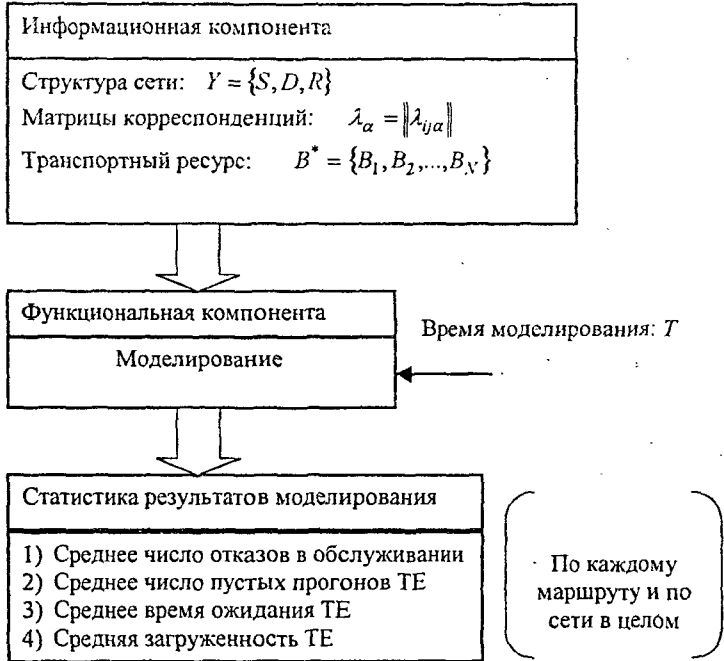


Рис.2. Обобщенная информационная структура объектно-ориентированной имитационной модели потоков транспортных объектов

Функциональная компонента имитационной модели реализует собственно процесс моделирования и состоит из набора модулей, каждый из которых выполняет строго определенную функцию. На рис. 3 представлена структурная схема взаимодействия модулей функциональной компоненты имитационной модели.

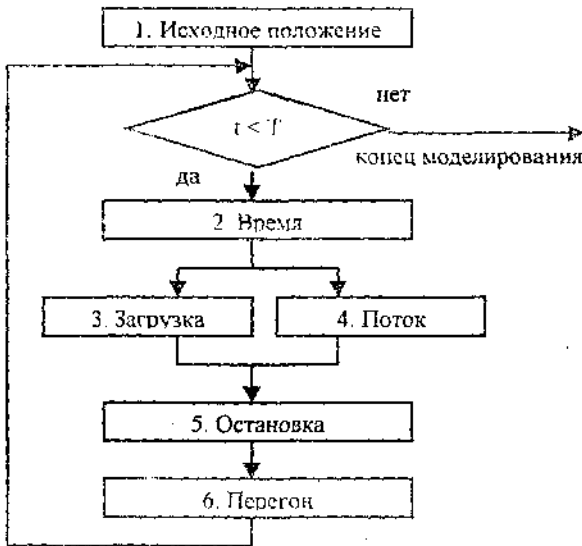


Рис.3. Структурная схема взаимодействия модулей функциональной компоненты объектно-ориентированной имитационной модели потоков транспортных объектов

Приведено назначение и математическое описание всех модулей функциональной компоненты объектно-ориентированной имитационной модели потоков транспортных объектов.

Отличительным признаком разработанной имитационной модели является возможность моделирования транспортных маршрутов различных топологий: линейных, кольцевых и комбинированных.

В четвертой главе приведено описание и анализ алгоритмических средств автоматизации управления потоками транспортных объектов.

Предлагаемые алгоритмические средства позволяют решить следующие задачи оперативного управления потоками транспортных объектов: 1) определение потребности транспортного ресурса; 2) перераспределение транспортного ресурса между маршрутами сети; 3) формирование экспресс и укороченных маршрутов; 4) оперативная маршрутизация в ус-

ловиях сбойных ситуаций; 5) оперативное перераспределение пассажиропотоков.

Задачи определения потребности транспортного ресурса, перераспределения транспортного ресурса между маршрутами сети, формирования экспресс и укороченных маршрутов относятся к классу задач нелинейного программирования с нечетко выраженной целевой функцией. В качестве основных оценочных критериев качества предлагаемых решений выступают: 1) минимизация числа отказов в обслуживании; 2) минимизация числа пустых прогонов ТЕ.

Решение задачи определения потребности транспортного ресурса позволяет определить оптимальное число ТЕ для каждого маршрута сети, обеспечивающее необходимый уровень обслуживания пассажиропотоков с учетом оценочных критериев.

Задача перераспределения транспортного ресурса между маршрутами сети возникает в том случае, когда требуется ликвидировать неравномерность в обслуживании пассажиропотоков отдельных маршрутов, связанную с одной стороны с неправильным распределением ТЕ между маршрутами сети, а с другой – с ограниченностью количества транспортного ресурса, доступного для обслуживания пассажиропотоков. Предлагаемое решение данной задачи позволяет, не прибегая к дополнительному транспортному ресурсу, значительно повысить общее качество обслуживания пассажиропотоков маршрутов, участвующих в перераспределении.

Задача формирования экспресс и укороченных маршрутов возникает в том случае, когда определены маршруты транспортной сети $\alpha = \overline{1, L}$, матрицы корреспонденций каждого маршрута $\lambda_\alpha = \|\lambda_{ij\alpha}\|$, транспортный ресурс M_α и требуется сформировать новый маршрут в рамках уже существующего маршрута α транспортной сети для обеспечения более качественного обслуживания пассажиропотоков, не прибегая к потребностям дополнительного транспортного ресурса, за счет учета значительного разброса суммарных интенсивностей пассажиропотоков, поступающих на остановочные пункты маршрута транспортной сети. Предлагаемое решение данной задачи позволяет на основании множества $\Omega_\alpha = \{2, \dots, N_\alpha\}$, которое определяет остановочные пункты маршрута α с учетом внутренней нумерации, определить подмножество $\Omega_\alpha^* \subset \Omega_\alpha$, в которое войдут номера остановочных пунктов формируемого экспресс или укороченного маршрута, а также количество ТЕ M_α^* для обслуживания нового маршрута из общего числа ТЕ M_α , задействованных на маршруте α .

Задача оперативной маршрутизации возникает при наличии сбоев в транспортной сети, связанных с невозможностью нормального функционирования действующих маршрутов вследствие блокировки возможного пути перемещения транспортной единицы между двумя и более остановочными пунктами (затор на дороге, ремонтные работы отрезка пути). В данной ситуации возникает необходимость в формировании нового маршрута, в состав которого могут входить как остановочные пункты временно блокируемых маршрутов, так и не относящиеся к последним. Транспортная сеть представляется в виде графа $G = (S, D)$, где S - множество вершин графа, соответствующее остановочным пунктам; D - множество ребер графа, соответствующее возможным путям перемещения ТЕ между остановочными пунктами. Решение данной задачи базируется на использовании модифицированного алгоритма Дейкстры, осуществляющего поиск множества возможных путей между двумя вершинами графа. Выбор конкретного варианта решения осуществляется на основании условий: 1) отсутствия внутренних циклов в формируемом маршруте; 2) минимальная протяженность варианта соединения.

Предложен подход решения задачи оперативного перераспределения пассажиропотоков, заключающийся во временной раздвижке центров поглощения пассажиропотоков - промышленных предприятий, учреждений и т.д., расположенных вблизи остановочных пунктов маршрутов транспортной сети.

Разработанные алгоритмы могут быть использованы не только в структуре системы управления потоками транспортных объектов на городских территориях, но и в любых транспортных сетях, ориентированных на повышение качества обслуживания пассажиропотоков.

Оценка качества предложенного алгоритма решения задачи оперативного перераспределения пассажиропотоков затруднительна с использованием стандартных средств имитационного моделирования, ориентированных на значения интенсивностей поступления пассажиропотоков, не являющихся функцией от времени.

Пятая глава посвящена описанию структуры и функциональных возможностей элементов специального программного обеспечения информационно-управляющей системы управления потоками транспортных объектов, обоснованию выбора инструментальных средств разработки, а также некоторым результатам практической апробации модели и алгоритмов системы управления потоками транспортных объектов.

Особенности проектирования и использования АРМ диспетчера системы управления потоками транспортных объектов на городских террито-

риях приводят к необходимости активного использования в составе специального программного обеспечения не только развитых средств имитационного моделирования и алгоритмов, ориентированных на решение задач оперативного управления потоками транспортных объектов, но и комплекса средств визуализации состояния транспортной сети и принимаемых решений.

В качестве инструментальных средств проектирования и разработки специального программного обеспечения системы управления потоками транспортных объектов был использован пакет Borland C++Builder 3.0 Client / Server Suite, уникальным образом сочетающий высокопроизводительный компилятор, объектно-ориентированные средства визуального программирования и универсальный механизм доступа, как к локальным, так и удаленным базам данных.

Использование принципов и методов объектно-ориентированного программирования способствовало значительному сокращению времени на создание и отладку специального ПО, а также позволило провести четкое разграничение информационных потоков между отдельными функциональными компонентами системы. Объектно-ориентированный подход проектирования сложных систем позволил отказаться от использования специализированных языковых средств, ориентированных на имитационное моделирование дискретных систем.

Для организации доступа к локальным и удаленным базам данных со стороны специального программного обеспечения системы управления потоками транспортных объектов используются стандартные средства, интегрированные в пакет Borland C++Builder 3.0 Client / Server Suite. Использование готовых решений позволяет с одной стороны сэкономить время, необходимое на разработку, а с другой - существенно упростить структуру, разрабатываемого программного обеспечения.

BDE предоставляет единый набор функций (API – Application Program Interface) обработки локальных и серверных данных. Обращение к различным источникам данных основано на концепции драйверов. Таким образом, обеспечивается интерфейс к наиболее распространенным форматам/способам хранения данных: dBase, Paradox и серверным источникам InterBase, Oracle, Sybase, Informix, MS SQL-Server, DB/2. В силу того, что достаточное количество данных имеет ODBC-интерфейс, BDE предоставляет для доступа к ним так называемый ODBC Socket, построенный на технологии Idapter, разработанной Borland.

Специальное программное обеспечение системы управления потоками транспортных объектов принято к внедрению в составе автоматизи-

рованной системы диспетчерского управления городским пассажирским транспортом.

Практическая реализация инструментальных средств, ориентированных на IBM-совместимые ЭВМ, интегрированных в рамках АРМ диспетчера маршрутной сети городского пассажирского транспорта (ГПТ), позволяет на основе комплексного имитационного моделирования оперативно решать следующие задачи:

- определение потребности транспортного ресурса;
- перераспределение транспортного ресурса между маршрутами сети;
- формирование экспресс и укороченных маршрутов;
- оперативная маршрутизация;
- оперативное перераспределение пассажиропотоков;
- визуализация процессов моделирования и принятия решений.

Оценка качества решения задач оперативного управления с использованием объектно-ориентированной имитационной модели и алгоритмических средств автоматизации управления потоками транспортных объектов проведена на примере маршрутной сети городского пассажирского транспорта, состоящей из трех автобусных маршрутов.

Матрицы корреспонденций пассажиропотоков, составлены на основе реальных данных, взятых из обследования пассажиропотоков транспортной сети и скорректированные с учетом требований сегодняшних условий.

Анализ статистических данных результатов имитационного моделирования применительно к разработанным алгоритмическим средствам автоматизации управления потоками транспортных объектов, свидетельствует о достаточно высоком уровне эффективности принимаемых решений в контуре оперативного управления при использовании предлагаемых методов и средств.

В таб. 1 представлены сравнительные данные результатов имитационного моделирования различных режимов обслуживания пассажиропотоков транспортной сети. Результаты имитационного моделирования свидетельствуют о высокой эффективности разработанных алгоритмических средств автоматизации управления потоками транспортных объектов. Отмечается общее повышение качества функционирования транспортной системы за счет уменьшения числа отказов в обслуживании, уменьшения среднего времени ожидания ТЕ, увеличения загруженности ТЕ и экономии транспортного ресурса при организации комбинированных режимов обслуживания пассажиропотоков.

Таблица 1.

Сравнительные характеристики различных режимов обслуживания в процентах от традиционного режима обслуживания

Режим обслуживания	Среднее число отказов в обслуживании	Среднее время ожидания ТЕ	Средняя загрузка ТЕ	Количество ТЕ, необходимых для обслуживания
Традиционный	1	1	1	1
После перераспределения транспортного ресурса	0.4	0.96	1.08	1
Комбинированный с экспресс обслуживанием	0.63	0.98	1.11	0.85
Комбинированный с укороченным рейсом	0.68	0.95	1.11	0.92

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ

1. Для моделирования процесса обслуживания пассажиропотоков транспортной сети проведен выбор и обоснование использования средств имитационного моделирования.

2. Разработана структура интегрированной информационно-управляющей системы транспортной маршрутной сети, отличающаяся наличием развитых средств поддержки алгоритмов оперативного управления потоками транспортных объектов.

3. Предложен способ формального описание процесса обслуживания пассажиропотоков в терминах теории массового обслуживания и обобщенном математическом определении объекта управления.

4. Разработана объектно-ориентированная имитационная модель потоков транспортных объектов, позволяющая осуществлять моделирование

движения транспортных единиц по маршрутам сети и процесс обслуживания пассажиропотоков.

5. Разработаны алгоритмы автоматизации управления потоками транспортных объектов для решения следующих задач: 1) определение потребности транспортного ресурса; 2) перераспределение транспортного ресурса между маршрутами сети; 3) формирование экспресс и укороченных маршрутов; 4) оперативная маршрутизация в условиях сбойных ситуаций; 5) оперативное перераспределение пассажиропотоков.

6. На основании предложенных модели и алгоритмов разработано специальное программное обеспечение системы управления потоками транспортных объектов, в рамках которого интегрированы объектно-ориентированная имитационная модель, алгоритмические средства решения задач автоматизации управления потоками транспортных объектов и средства доступа к локальным и удаленным базам данных.

7. Основные теоретические и практические результаты работы реализованы в виде специального программного обеспечения, интегрированного в рамках комплекса программных средств автоматизированной системы диспетчерского управления городским пассажирским транспортом г. Воронежа. Ожидаемый годовой экономический эффект от внедрения результатов диссертационной работы в рамках трех маршрутов городского пассажирского транспорта составляет сто двадцать тысяч рублей в ценах мая 1998г. Эффект достигается за счет рационального использования транспортного ресурса и повышения уровня транспортного обслуживания пассажиров.

ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Очеретов Д.В., Бурковский В.Л. Алгоритмы решения задачи рационального выбора технологических маршрутов // Состояние и пути повышения надежности видеоматрицефонов: Тез. докл. X науч.-техн. отрасл. конф. - Воронеж, 1996. С.16.

2. Бурковский В.Л., Очеретов Д.В. Структура математического обеспечения АРМ диспетчера маршрутной сети городского пассажирского транспорта // "Математическое обеспечение информационных технологий в технике, образовании и медицине". - Воронеж, 1996. С.42.

3. Очеретов Д.В. Оптимизационные модели перераспределения транспортного ресурса // "Математическое обеспечение информационных технологий в технике, образовании и медицине". - Воронеж, 1996. С.45.

4. Очеретов Д.В. Алгоритмическое обеспечение АРМ диспетчера маршрутной сети городского пассажирского транспорта // Тез. докл. II Республиканской электронной научной конференции: "Современные проблемы информатизации".- Воронеж: Изд-во Воронежского педуниверситета, 1997. С.86-87.

5. Очеретов Д.В., Бурковский В.Л. Пользовательский интерфейс системы управления потоками транспортных объектов // Тез. докл. II Республиканской электронной научной конференции: "Современные проблемы информатизации".- Воронеж: Изд-во Воронежского педуниверситета, 1997. С.101-102.

6. Очеретов Д.В., Бурковский В.Л. Задача перераспределения пассажиропотоков сети маршрутов городского пассажирского транспорта // Всероссийское совещание-семинар: "Математическое обеспечение информационных технологий в технике, образовании и медицине". Часть 2.- Воронеж, 1997. С.83.

7. Очеретов Д.В., Бурковский В.Л. Оптимальное перераспределение транспортного ресурса при комбинированных режимах функционирования маршрутов городского пассажирского транспорта // Всероссийское совещание-семинар: "Математическое обеспечение информационных технологий в технике, образовании и медицине". Часть 2.- Воронеж, 1997. С.82.

8. Очеретов Д.В., Бурковский В.Л. Задача оперативной маршрутизации сети маршрутов городского пассажирского транспорта в условиях сбойных ситуаций // Тез. докл. III Международной электронной научной конференции: "Современные проблемы информатизации".- Воронеж: Изд-во Воронежского педуниверситета, 1997. С.123-124.

9. Очеретов Д.В. Особенности алгоритмического обеспечения процесса управления системой транспортных маршрутов // Тез. докл. III Международной электронной научной конференции: "Современные проблемы информатизации".- Воронеж: Изд-во Воронежского педуниверситета, 1997. С.108-109.

10. Бурковский В.Л., Очеретов Д.В. Модель маршрутной сети городского пассажирского транспорта // Высокие технологии в технике, медицине и образовании: Межвуз. сб. науч. тр.- Воронеж, 1997. С.151-155.

11. Очеретов Д.В., Бурковский В.Л. Особенности алгоритмизации задачи оперативной маршрутизации сети маршрутов ГПТ в условиях сбойных ситуаций // Системы управления и информационные технологии: Межвуз. сб. науч. тр.- Воронеж, 1998. С.142-145.