

05.13.10
И266

На правах рукописи



Игнатьев Юрий Вадимович

**ИНЖЕНЕРНО-ГРАДОСТРОИТЕЛЬНЫЕ ОСНОВЫ
УПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЕМ УЛИЧНО-ДОРОЖНОЙ
СИСТЕМЫ ГОРОДА**

Специальности 05.13.10 – «Управление в социальных
и экономических системах»,

05.13.12 – «Системы автоматизации проектирования»

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
доктора технических наук

Челябинск - 2000

Работа выполнена в Южно-Уральском государственном университете.

Научный консультант -
доктор технических наук, профессор,
академик **Логиновский О.В.**

Официальные оппоненты:
доктор технических наук, профессор, академик **Самойлов Д.С.**,
доктор физико-математических наук, профессор, член-корр. МАИ **Мазуров В.Д.**,
доктор технических наук **Редько И.Я.**

Ведущая организация:
муниципальное предприятие – проектный институт
«Челябинскметротранспроект».

Защита состоится 14 июня 2000 г.
в 13 часов на заседании диссертационного Совета
ДР 053.13.12 при Южно-Уральском государственном
университете по адресу: 454080, г. Челябинск, пр. им.
В.И.Ленина, 76, конференц-зал ЮУрГУ (ауд.244).

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке
Южно-Уральского государственного университета

Автореферат разослан 30 апреля 2000 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета
канд. техн. наук, доцент



А.М.Коровин

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

В диссертации изложены основные положения и научные результаты, полученные и опубликованные в 1965-1999 гг., связанные с важной научной проблемой проектирования и управления развитием улично-дорожной сети городов.

Исследованию вопросов формирования и развития улично-дорожной сети современного города посвящены работы В.Ф.Бабкова, Г.Ф.Богацкого, О.К.Кудрявцева, О.В.Логиновского, П.А.Полякова, Д.С.Самойлова, А.В.Сигаева, А.К.Старинкевича, Ю.А.Ставничего, М.С.Фишельсона, Б.В.Черепанова, В.В.Шештокаса, М.А.Якшина, Д.Астона, Д.Р.Дрю, Д.А.Фергюсона, Ф.Д.Хоббса, С.Ли, К.Д.Смита, Э.Рюгера и др. В развитие современных методов и систем автоматизации проектирования и управления большой вклад внесли Бурков В.Н., Горбатов В.А., Кодд Е., Карра Ч., Логиновский О.В., Норенков И.А., Петренко А.И., Редкозубов С.А., Хаббард Д., Хаммер М. и др.

Актуальность проблемы. Современный город – это концентрация промышленности, населения, транспорта, объектов бытового обслуживания, инженерного обеспечения и т.д. Сегодня городу необходима система надежных и быстрых способов доставки людей и грузов в любую его точку, что возможно лишь при наличии достаточно развитой улично-дорожной сети, современных транспортных сооружений и систем управления дорожным движением.

Отсутствие комплексных исследований по проблеме проектирования и управления развитием улично-дорожной сети города приводит к упрощенному анализу транспортной системы, дающему приближенные результаты. При малом количестве транспортных средств, что было характерно для 1960-1980-х годов, такой подход был вполне приемлем и не приводил к существенным проблемам в управлении развитием крупных городов.

Существующие методы расчета улично-дорожной сети города получили свое обоснование еще в 1950-1970-е гг., когда транспортная проблема не являлась главенствующей. Имевшаяся система магистралей обеспечивала необходимые пропускную способность и режимы движения, а основная цель реконструкции улиц заключалась в улучшении условий движения транспорта.

Сегодня транспортную проблему следует рассматривать как одну из составных частей архитектурно-планировочного и инженерно-градостроительного проектирования города. При ее решении необходимо учитывать динамику взаимодействия составляющих ее подсистем и элементов. Кроме того, обоснование проектных решений по управлению развитием улично-дорожной системы города должно включать в себя системы

автоматизации градостроительного проектирования, автоматизированные системы управления дорожным движением и др.

Именно с этой актуальной проблемой и связано диссертационное исследование, посвященное созданию инженерно-градостроительных основ проектирования и управления развитием улично-дорожной системы городов.

Управление развитием городов и их составных элементов (подсистем) является одной из главнейших проблем нашего времени, от решения которой во многом зависят условия проживания миллионов людей и эффективность общественного производства. К числу важнейших подсистем макросистемы города относится транспортная, включающая городской транспорт, улично-дорожную сеть, средства управления движением и др. Значительные финансовые и материальные ресурсы, выделяемые на реализацию транспортных связей, подчеркивают значимость этой проблемы, важность социально-экономических последствий создания транспортно-дорожной инфраструктуры городов.

Улично-дорожная сеть города должна не только обеспечивать необходимые режимы и объемы движения автомобильного транспорта, но и являться основой пространственно-планировочного членения селитебной территории, обеспечивающей наилучшее функционирование всех её элементов. Дорожно-транспортные характеристики магистралей и всей сети в целом должны определяться таким образом, чтобы они обуславливали не только оптимальные режимы движения автомобилей, но и снижали воздействие транспорта на окружающую среду.

Связь диссертации с государственными и региональными программами. Результаты диссертационного исследования использованы при разработке генеральных планов и комплексных транспортных систем ряда городов России. Работа также связана:

с планом научно-исследовательских работ Госгражданстроя Госстроя СССР на 1981 г. (п.2.14.1). Работа выполнялась в соответствии с постановлением Президиума Верховного Совета СССР от 17 июля 1980 г. с учетом постановлений Госстроя СССР и Госплана СССР от 15 апреля 1980 г. № 50/70 «Об утверждении Указаний о рациональной структуре строительства и этажности жилых домов и общественных зданий на 1981-1985 гг.»;

с изменениями и дополнениями главы СНиП П-60-75 «Планировка и застройка городов, поселков и сельских населенных пунктов», утвержденных постановлением Госстроя СССР от 30 июня 1982 г. № 174 и от 30 сентября 1982 г. № 22;

с выполнением разделов 03.04 и 03.06 Программы ГКНТ СССР 0.85.04 по теме «Исследование влияния АСУ дорожным движением на состояние окружающей среды»;

с исследованием развития магистральной сети и оптимальной организацией движения на улично-дорожной сети городов России-Саратова, Рязани, Костромы, Смоленска, Новгорода, Калининграда, Челябинска в составе проектов генерального плана и комплексных транспортных схем развития транспорта указанных городов;

с разработкой методик определения транспортно-градостроительных показателей для оценки качества функционирования АСУД – по планам научно-исследовательских работ ВНИИБД МВД СССР и Госкомгидромета СССР;

с созданием «Проекта информационной системы управления и хозяйства г. Челябинска», 1995 г.;

с разработкой отдельных разделов «Системного проекта региональной автоматизированной информационной системы органов управления Челябинской области», 1998 г.

Цель работы – создание инженерно-градостроительных основ проектирования и управления развитием улично-дорожной системы городов, базирующихся на анализе транспортно-планировочных и организационно-управленческих задач и процессов, связанных с пропуском транспортных потоков, разработкой комплексной методологии автоматизированного проектирования развития УДС города.

Для достижения указанной цели в работе поставлены и решены следующие основные задачи.

1. Анализ тенденций развития улично-дорожной сети городов, обобщение опыта использования автоматизированных систем проектирования и управления развитием улично-дорожной сети городов.

2. Создание методологии инженерно-градостроительного проектирования и управления развитием улично-дорожной сети городов.

3. Разработка основных положений теории движения городских транспортных потоков.

4. Обоснование оптимальной плотности и конфигурации улично-дорожной сети с учетом транспортно-градостроительных факторов.

5. Анализ возможностей и определение рациональных направлений использования автоматизированных систем управления развитием и проектированием улично-дорожной сети городов.

6. Разработка прогнозов развития транспортных систем и проектов улично-дорожной сети городов.

Методы исследования. Методологической и теоретической основой диссертационного исследования являются методы общей теории систем, теории управления и автоматизации проектирования, математического моделирования, теории вероятностей и математической статистики. В ходе исследования автором использованы научные положения градостроительной

науки, теории транспортных потоков, экономико-математических методов обоснования проектных решений развития городов и их транспортных систем.

Научная значимость работы состоит в разработке методологии инженерно-градостроительных основ развития улично-дорожной системы города, основанной на современных тенденциях проектирования его инженерно-транспортной инфраструктуры, комплексном учете транспортно-планировочных характеристик, параметров городского движения, социально-экономических требований и условий проживания городского населения.

В диссертации сформулированы научно-обоснованные положения, выводы и результаты по проектированию и стратегическому управлению развитием транспортной системы города, как единого комплекса общегородской структуры градостроительного формирования населенного места.

Научная новизна диссертационного исследования состоит в следующем.

1. В создании новой комплексной методологии инженерно-градостроительного проектирования и управления развитием улично-дорожной системы города.

2. В научно-теоретическом обосновании рациональной плотности и конфигурации улично-дорожной сети с учетом транспортно-градостроительных факторов.

3. В оптимизации параметров движения транспортных потоков на городских магистралях, впервые реализованном на вероятностно-статистических моделях.

4. В формулировке научно-технических требований к автоматизированным системам проектирования и управления развитием улично-дорожной сети.

5. В разработке прогнозов развития улично-дорожной сети городов.

Практическое значение работы заключается в разработке инженерно-градостроительных основ проектирования и управления развитием улично-дорожной сети города, позволяющих оптимизировать расчетные параметры движения автотранспортных потоков, характеристики улично-дорожной сети за счет создания оптимальной структуры магистралей, обоснования рациональных режимов движения транспортных потоков, допустимых величин уровня автомобилизации населения, оптимизации общих и удельных показателей системы магистралей города.

Практическая реализация разработанных в диссертационной работе положений и принципов позволяет:

управлять проектированием и развитием улично-дорожной сети города с учетом рационального сочетания транспортных и градостроительных задач;

обеспечивать условия движения транспортных потоков с минимальными затратами времени на проезд по городу;

обосновывать размеры межмагистральных территорий (плотность улично-дорожной сети) с позиций комплексного рассмотрения транспортно-градостроительных факторов;

моделировать и прогнозировать изменения характеристик улично-дорожной сети с учетом конкретных особенностей инженерно-градостроительного развития городов на различные периоды;

разрабатывать автоматизированные системы проектирования и управления развитием улично-дорожной системы города и управления движением в составе комплексных решений по градостроительному проектированию и управлению развитием города.

Реализация результатов работы. Научные положения, результаты работы и практические рекомендации использованы в следующих проектах и разработках:

– «Проект информационной системы управления и хозяйства г. Челябинска» (утвержден Главой г. Челябинска в 1995 г.);

– «Системный проект региональной автоматизированной информационной системы органов управления Челябинской области» (утвержден Губернатором Челябинской области в 1998 г.);

– СНиП П-60-75 «Планировка и застройка городов, поселков и сельских населенных пунктов» (утвержден постановлением Госстроя СССР № 174 от 30.06.1982 г. и № 22 от 30.09.1982 г.);

– «Указания о рациональной структуре строительства и этажности жилых домов и общественных зданий на 1981-1985 гг.» (разработаны в соответствии с постановлением Госстроя СССР и Госплана СССР № 50/70 от 15.04.1980 г.);

– Автоматизированная система управления дорожным движением в городах СССР (план ВНИИБД МВД СССР на 1975-1985 гг.);

– разделы «Развитие магистральной сети» в проектах генеральных планов и комплексных транспортных схем городов России на 1975-1985 гг.;

– учебные пособия по дисциплинам для специальностей 22.02 «Автоматизированные системы обработки информации и управления» и 29.05 «Городское строительство и хозяйство».

Апробация работы. Результаты исследований и разработок докладывались и обсуждались на научно-технических конференциях Южно-Уральского государственного университета (Челябинского политехнического института) (Челябинск, 1975-1999 гг.); Московского автомобильно-дорожного института (Москва, 1973-1974 гг.); Ленинградского инженерно-строительного института (Ленинград, 1975-1978 гг.); Уральского политехнического института (Свердловск, 1975-1976 гг.); на Всесоюзной конференции по безопасности дорожного движения (Севастополь, 1980 г.); на Всесоюзной конференции

«Развитие сети городских улиц и дорог» (Шауляй, 1981 г.); на Всесоюзной конференции «Комплексное развитие автомобильного транспорта крупных городов» (Москва, 1981 г.); на Республиканских конференциях по вопросам строительства и архитектуры (Вильнюс, 1975-1980 гг.); на Всесоюзном семинаре «Транспортные проблемы современного градостроительства» (Киев, 1975 г.); на Всесоюзном научно-практическом семинаре «Проблемы комплексного развития транспортных систем городов» (Минск, 1978 г.); на Свердловских (Екатеринбургских) научно-практических конференциях (Свердловск-Екатеринбург, 1975-1999 гг.); на IV Ленинградской научно-технической конференции «Город и транспорт. Комплексное развитие транспортных систем крупных городов и их зон» (Ленинград, 1980 г.); на зональных семинарах Уральского дома научно-технической пропаганды «Город-транспорт-человек» (Челябинск, 1978-1982 гг.); на зональных семинарах УДНТП «Город-климат-человек» (Челябинск, 1977-1983 гг.); на международном научно-практическом семинаре «Вопросы информатизации и управления органов государственной власти и местного самоуправления» (Челябинск, 1999 г.).

Структура и объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, шести глав, основных выводов и результатов, списка литературы, включающего 301 наименование, а также приложения. Диссертация содержит 225 страниц основного текста, 62 иллюстрации, 86 таблиц.

На защиту выносятся следующие основные положения,

1. Методология инженерно-градостроительного проектирования и управления развитием улично-дорожной системы города.
2. Основные принципы и положения теории движения городских автотранспортных потоков.
3. Обоснование рациональной плотности и конфигурации улично-дорожной сети города.
4. Основные положения и подходы использования автоматизированных систем управления развитием улично-дорожной сети города.
5. Положения, научно-практические результаты и рекомендации по использованию систем автоматизированного проектирования и управления развитием улично-дорожной сети городов.
6. Инженерно-градостроительный прогноз развития транспортных систем городов различной величины на различные периоды реализации.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Ключевые понятия и термины

УЛИЧНО-ДОРОЖНАЯ СИСТЕМА ГОРОДА – система улиц и дорог, обеспечивающая необходимые объемы перевозки пассажиров и грузов.

УПРАВЛЕНИЕ РАЗВИТИЕМ УЛИЧНО-ДОРОЖНЫХ СИСТЕМ – целенаправленное изменение системы городских магистралей и улиц в желаемом направлении для обеспечения всех потребностей в пассажирских и грузовых перевозках с рациональными технико-экономическими показателями.

ПЛАНИРОВОЧНАЯ СТРУКТУРА ГОРОДА – конфигурация межмагистральных территорий и улично-дорожной сети. Зависит от исторических особенностей развития города, размещения основных центров тяготения, рельефа местности и др.

МАГИСТРАЛИ ОБЩЕГОРОДСКОГО И РАЙОННОГО ЗНАЧЕНИЯ – улицы, обеспечивающие транспортные связи между жилыми и промышленными районами, центром города и основными фокусами тяготения.

ПЛОТНОСТЬ УЛИЧНО-ДОРОЖНОЙ СЕТИ – определяется отношением общей протяженности магистралей к селитебной территории города.

ТРАНСПОРТНЫЙ ПОТОК – совокупность групп или отдельных автомобилей на магистрали, управляемых водителями.

УСЛОВИЯ ДВИЖЕНИЯ – реальная обстановка на магистрали, в которой движется автомобиль в данный момент.

ДОРОЖНЫЕ УСЛОВИЯ – совокупность планировочных параметров и транспортно-эксплуатационных качеств дороги, имеющих непосредственное отношение к движению.

ПРОПУСКНАЯ СПОСОБНОСТЬ МАГИСТРАЛЕЙ – количество транспортных средств, проходящих через перегон в единицу времени.

ПЛОТНОСТЬ ТРАНСПОРТНОГО ПОТОКА – количество транспортных средств, приходящихся на единицу длины.

СРЕДНЯЯ СКОРОСТЬ ТРАНСПОРТНОГО ПОТОКА МАГИСТРАЛИ – средневзвешенная скорость движения всех транспортных единиц.

СРЕДНЯЯ СКОРОСТЬ ДВИЖЕНИЯ ТРАНСПОРТА ПО ГОРОДУ – средняя скорость движения транспорта по всем магистралям.

ЕМКОСТЬ УЛИЧНО-ДОРОЖНОЙ СЕТИ – количество транспортных средств, одновременно находящихся в движении по магистралям.

ДЛИНА ПЕРЕГОНА – среднее расстояние между соседними перекрестками на магистрали.

СКОРОСТЬ СООБЩЕНИЯ ТРАНСПОРТА – скорость передвижения транспорта по магистралям с учетом задержек на перекрестках.

МАССОВЫЙ ПАССАЖИРСКИЙ ТРАНСПОРТ (МПТ) – совокупность всех видов наземного городского пассажирского транспорта.

АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ УПРАВЛЕНИЕ ДОРОЖНЫМ ДВИЖЕНИЕМ – комплекс целенаправленных воздействий на транспортные потоки и режимы движения, основанный на анализе информации об условиях движения с использованием ЭВМ в целях достижения необходимых режимов движения, экономической эффективности и безопасности перевозок.

Подходы и принципы к управлению развитием транспортной системы города

Ключевой проблемой современного градостроительства является отсутствие современной научной парадигмы в теории градостроительства. То, что она до сих пор не появилась - следствие того, что в течение многих лет очень слабо разрабатываются теоретические подходы к управлению градостроительным комплексом страны. Огромный удар по строительной отрасли нанесло резкое снижение капиталовложений, которые сократились за годы реформ более чем в 6 раз.

Спонтанное развитие городов зачастую приводит к несогласованным архитектурно-планировочным и инженерно-градостроительным решениям, иной раз, носящим конфликтный, альтернативный характер. Противодествовать этому, находя наиболее эффективные пути и варианты, должна система управления развитием городов (в том числе их инженерной инфраструктуры). Только это позволит осуществлять согласованное комплексное управление развитием городов.

Основные задачи градостроительной отрасли следует решать лишь на основе пересмотра целого ряда управленческих принципов и подходов. Прежде всего, необходимо внести четкую упорядоченность и ясность в систему градостроительного проектирования и обеспечить современный уровень ее автоматизации за счет использования современных компьютерных и информационных технологий. Именно с этой точки зрения и следует упорядочить процессы разработки градостроительных прогнозов и сформировать новую, адекватную времени систему градостроительного проектирования, основанную на возможностях современной теории принятия решений, имитационного моделирования, САПР, геоинформационных технологий и систем.

Развитие сложнейшего городского организма не может осуществляться в отрыве от современных тенденций и подходов, использования новейших моделей, систем автоматизации градостроительного проектирования. В этой связи проектирование и управление развитием улично-дорожной сети города (как одной из наиболее важных подсистем, определяющих нормальное функционирование, необходимую реконструкцию и целесообразное развитие города) невозможно осуществлять без анализа особенностей современных городов и их транспортных инфраструктур, взаимосвязей городской транспортной подсистемы с другими подсистемами, динамики автомобильного парка, условий дорожного движения и др.

Необходимо учитывать, что улично-дорожная (коммуникационная) сеть является наиболее устойчивой во времени, чем функциональные процессы развития жилой застройки и обслуживания населения. Изменение типологии зданий, принципов застройки, системы обслуживания является более

динамичным, чем закреплённая в основных элементах система магистралей (главные улицы и дороги, площади и мосты).

Выделение транспортной системы (ТС) как одной из важнейших в городе требует и более детального анализа с целью наилучшего ее функционирования при наименьших затратах. Транспортная система города подразделяется на две основные подсистемы: городского транспорта и улично-дорожной сети.

При системном анализе транспортной проблемы города к числу основных показателей относятся:

а) для подсистемы городского транспорта – количество автомобилей, находящихся в движении; интенсивность, скорость и плотность транспортных потоков в среднем по городу и по отдельным магистралям; показатели равномерности и группового движения;

б) для подсистемы улично-дорожной сети – протяженность и ширина, площадь и плотность магистралей; прочность и ровность, работоспособность и надежность дорожных одежд.

Связями в ТС, т.е. тем, что объединяет элементы системы в одно целое, выступают большинство показателей вследствие их важности и влияния в каждой подсистеме: интенсивность и скорость движения транспортных потоков; плотность улично-дорожной сети.

Транспортная система города по отдельным характеристикам рассматривается как динамическая система (показатели которой изменяются во времени) и вероятностная система (так как невозможно в каждый фиксированный момент времени получать абсолютно точные сведения о всех процессах, которые в этот момент происходят, тем более в деталях предвидеть их развитие).

Транспортная система рассматривается как очень сложная система, которую невозможно воспроизвести в одной модели. Использование комплекса моделей позволяет вначале решать общие задачи, а в дальнейшем переходить к частным. Это соответственно предопределяет использование иерархической системы показателей – для города в целом, для отдельных магистралей и участков улично-дорожной сети, для конкретных групп автомобилей и перегонов. Разделение ТС на две подсистемы позволяет использовать две группы автономных моделей. Это значительно упрощает задачу исследования системы, так как приводит к решению частных задач и последующему согласованию их результатов.

При рассмотрении особенностей системно-структурного анализа для целей исследования и проектирования УДС модель имеет несколько иерархических уровней: транспортная система города, подсистема улично-дорожной сети, типы магистралей и пересечений, магистрали и перекрестки в подрайонах и зонах города, конкретные перегоны и транспортные узлы, отдельные магистрали и маршруты движения (рис.1).

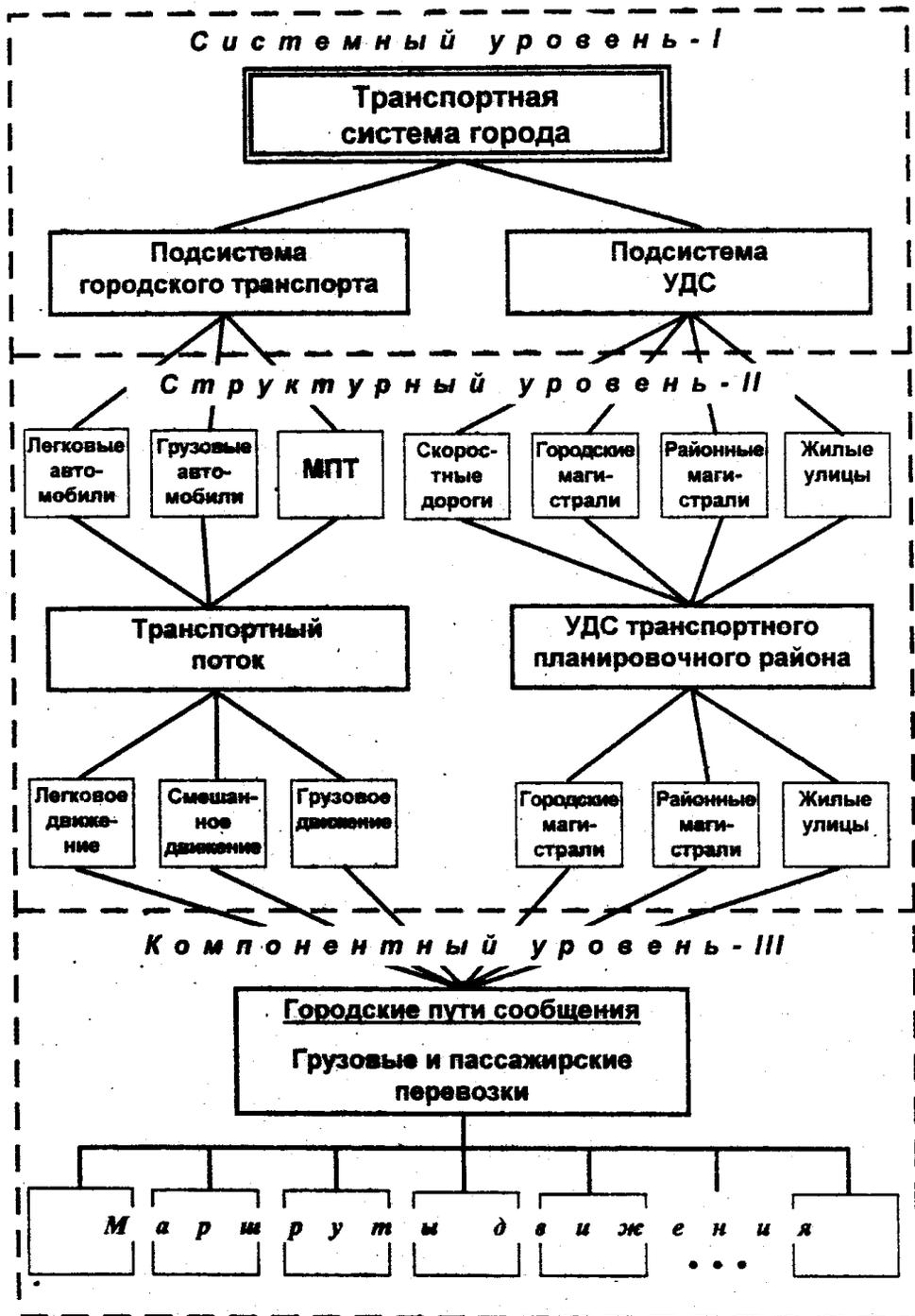


Рис. 1. Структурно-логическая схема транспортной системы города

При исследовании и проектировании УДС целесообразно выделять три иерархических уровня: компонентный, структурный и системный. Выделение этих уровней также показано на рис. 1.

На компонентном уровне (III) предметами исследования являются конкретные транспортные потоки на конкретных перегонах магистралей или маршрутах. На этом уровне происходит учет градостроительных особенностей прилегающих участков жилой территории, погодно-климатических факторов, топографии местности, особенности движения и взаимодействия автомобилей в конкретных условиях движения. Параметрические характеристики транспортных потоков, перегонов и пересечений соответствуют конкретным величинам в данной транспортно-градостроительной ситуации.

На структурном уровне (II) происходит обобщение типов магистралей и видов транспортных потоков. В качестве параметрических характеристик рассматриваются наиболее общие и устойчивые показатели. Конкретная транспортно-градостроительная ситуация заменяется средними, наиболее типовыми условиями.

На системном уровне (I) рассматривается вся улично-дорожная сеть города и его транспортный парк, создающий нагрузку для магистралей. В качестве параметрических характеристик рассматриваются показатели средние по городу, определяющие не только функционирование транспортной системы, но и оказывающие влияние на другие компоненты городской структуры — системы расселения, труда, культурно-бытового обслуживания и т.п.

Рассмотренные три уровня анализа УДС города представляют собой систему поэтапного выделения структурных связей различных элементов ТС. При этом каждый последующий этап является закономерным продолжением предыдущего. Для обобщенного анализа транспортных потоков и типов магистралей (структурный уровень) необходимо знание характеристик движения автомобилей и параметров отдельных перегонов. Для описания работы УДС города (системный уровень) необходимо учитывать типы магистралей в целом и весь транспорт, находящийся в движении.

Улично-дорожная сеть города подразделяется на два основных элемента: перегон и перекресток, что позволяет проектировать магистральную сеть города без учета влияния перекрестков, а в дальнейшем вводить необходимые коррективы. Это же предопределяет использование двух характеристик скорости для качественно различных структур: а) скорость движения — параметр непрерывного движения транспортных потоков по магистралям (подсистема улично-дорожной сети); б) скорость сообщения — параметр движения транспортных потоков с учетом задержек на перекрестках (транспортная система города). Соотношение между ними определяется уровнем организации движения транспорта в городе и характеризует возможную степень реализации скорости движения при поездках.

Одна из особенностей градостроительного проектирования состоит в том, что исключается возможность проведения непосредственного эксперимента. В этих условиях большое значение приобретает математическое моделирование, которое помогает принять наиболее рациональное решение и прогнозировать последствия развития транспортной системы.

Проблема целенаправленного развития и рационального функционирования транспортных систем городов должна рассматриваться своевременно, на современном уровне, т.е. прежде всего, комплексно для всей транспортной системы, а не как конгломерат разнообразных мероприятий по улучшению работы отдельных элементов улично-дорожной сети города. Реализация указанного подхода невозможна без учета взаимосвязей между показателями улично-дорожной сети городов и систем, методов управления движением автотранспортных потоков.

Характеристики движения потоков автомобилей во многом зависят от структуры и плотности городских магистралей, от обустройства дорог и способов регулирования движением. Параметры подсистемы УДС должны определяться из условий обеспечения наилучших режимов движения автомобилей на отдельных магистралях и транспортной сети города в целом.

При последовательном расчете характеристик ТС (от целого к частному или от частного к целому) обязательным должно быть взаимное сочетание и увязка различных сторон проблемы - градостроительной, транспортной, дорожной, эксплуатационной, экономической. Возможность предварительного учета отдельных факторов (пусть не в полной мере или не столь точно, как это могло быть при детальном исследовании проблемы) на стадии проектирования позволяет заранее учесть влияние этих факторов, направленность их действия, тенденции изменения с развитием города и т.п.

Теоретические основы исследования городских транспортных потоков

На основе исследований автора и других специалистов транспортный процесс рассматривается как стохастический (вероятностный) процесс, а скорости движения автомобилей в транспортном потоке описываются нормальным законом распределения.

Основные характеристики транспортного потока - интенсивность N , плотность P и скорость V - связаны зависимостью

$$N = P V. \quad (1)$$

Параметры нормального распределения скоростей автомобилей в транспортном потоке принимаются равными:

$$V_{\sigma} = \alpha - \beta N' = V_0(2,5 - 1,5\gamma); \quad (2)$$

$$\sigma_{\sigma} = \alpha_1 - \beta_1 N' = 0,5V_0(1 - \gamma); \quad (3)$$

$$\begin{aligned}
 \alpha &= 2,5V_0; & \beta &= 1,5/P_0; \\
 \alpha_1 &= 0,5V_0; & \beta_1 &= 0,5/P_0; \\
 \gamma &= N_1/N_0; & N_0 &= \xi b_0.
 \end{aligned}
 \tag{4}$$

Коэффициенты приведенных уравнений зависят от исходных параметров V_0 , N_0 , P_0 и ξ .

В результате проведенных исследований установлено.

1. Параметр V_0 характеризует скоростные возможности автомобилей, реализуемых на магистралях:

$$\begin{aligned}
 V_{\text{max}} &= V_0; \\
 V_{\text{ср}} &= \alpha - \beta N'; \\
 V_{\text{min}} &= V_0(4 - 3\gamma).
 \end{aligned}
 \tag{5}$$

2. Исходный параметр N_0 или N'_0 (для всей проезжей части или для одной полосы движения) равен:

$$\begin{aligned}
 N_0 &= \xi B_{\text{п.ч.}}; \\
 N'_0 &= \xi b_0,
 \end{aligned}
 \tag{6}$$

где $B_{\text{п.ч.}}$ – ширина проезжей части, b_0 – ширина одной полосы движения.

3. Между исходными параметрами V_0 и N_0 наблюдается устойчивая зависимость (коэффициенты корреляции $r=0,98-0,99$):

$$W'_0 = V_0 N'_0 = a + c V_0.$$

На основании этого выражения можно определить зависимость исходного параметра V_0 от ширины полосы движения b_0 :

$$\frac{1}{V_0} = \frac{\xi}{a} b_0 + \frac{c}{a}. \tag{7}$$

4. Исходный параметр ξ характеризует интенсивность использования проезжей части – количество автомобилей, проходящих в течение часа через полосу шириной 1м (авт/ч.м). Уровень загрузки магистрали γ следует рассматривать как среднюю величину на определенный период прогнозирования: на современное состояние $\gamma = 0,2-0,4$; на первую очередь – $\gamma = 0,4-0,6$; на расчетный срок – $\gamma = 0,6-0,8$.

5. Для расчетов рекомендуется принимать: для современного состояния (1970-1980 гг.) $\xi = 150$ авт/ч.м – наименьшая величина в экспериментах; на первую очередь (1985-2000 гг.) $\xi = 250$ авт/ч.м – средняя величина из

экспериментальных данных; на расчетный срок (2000-2010гг.) $\xi = 350$ авт/ч.м – наибольшая величина из экспериментальных результатов. Изменение исходного параметра по годам прогнозирования описывается уравнением

$$\xi = 250 + 8,33t + 0,167t^2, \quad (8)$$

где $t=0$ на 2000 г.

6. Исходный параметр P'_0 определяет наибольшую плотность транспортных потоков, при которой скорости движения всех автомобилей становятся одинаковой ($\sigma_v = 0$).

Рекомендуемые величины исходных параметров представлены в табл. 1.

Таблица 1

№ п/п	Показатели	Тип магистралей						
		скоростные дороги	Городские магистрали		Районные магистрали			жилые улицы
			легковое движен.	сменная. движен.	легковое движен.	сменная. движен.	грузов. движен.	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
<i>1. Ближняя перспектива (10-15 лет)</i>								
1	b_0 , м	3,75	3,75	3,75	3,50	3,50	3,50	3,00
2	V_0 , км/ч	45	40	35	30	25	20	15
3	N'_0 , авт/ч	940	940	940	880	880	880	750
4	P'_0 , авт/км	21,0	22,6	26,8	29,2	35,0	43,8	50,0
<i>2. Дальняя перспектива (15-20 лет)</i>								
1	b_0 , м	4,25	4,00	4,00	3,75	3,75	3,75	3,50
2	V_0 , км/ч	50	45	40	35	30	25	20
3	N'_0 , авт/ч	1480	1400	1400	1320	1320	1320	1220
4	P'_0 , авт/км	30,0	31,2	35,0	37,7	43,9	52,7	61,0

При введении непрерывного движения пропускная способность магистралей может быть повышена на 40-60%, а исходные параметры приняты равными:

$$\begin{aligned} N'_{0.м} &= 1,5 N'_0; \\ P'_{0.м} &= 1,5 P'_0. \end{aligned} \quad (9)$$

Выделим оптимальные условия движения автомобилей. Примем в качестве основного показателя производительность транспортного потока:

$$W_r = N'V = (\alpha - \beta N')N'. \quad (10)$$

1. Наибольшая производительность потока соответствует условиям движения на магистралях общегородского и районного значения

$$\begin{aligned} N'_{\text{ум}} &= (0,83 \pm 0,17) N'_0; \\ V_{\text{ум}} &= (1,25 \pm 0,25) V_0. \end{aligned} \quad (11)$$

2. Наибольшие скорости доставки пассажиров и грузов соответствуют режимам движения на скоростных дорогах

$$\begin{aligned} N'_{\text{ум}} &= (0,13 - 0,31) N'_0; \\ V_{\text{ум}} &= (2,0 - 2,3) V_0. \end{aligned} \quad (12)$$

3. Быстрейшее распределение потоков автомобилей от магистральной сети до микрорайонных проездов соответствует условиям движения на жилых улицах

$$\begin{aligned} N'_{\text{ум}} &= N'_0; \\ V_{\text{ум}} &= V_0. \end{aligned} \quad (13)$$

Поэтому в расчетах параметров улично-дорожной сети городов рекомендуется принимать:

$$\begin{aligned} V_p &= (1,25 - 1,50) V_0; \\ N'_p &= (0,66 - 0,83) N'_0; \\ P'_p &= (0,44 - 0,66) P'_0. \end{aligned} \quad (14)$$

Вычисление характеристик движения транспортных потоков на городских улицах и дорогах возможно осуществить по приведенным выражениям, которые достаточно точно описывают закономерности движения. Исходные параметры и основные характеристики движения (табл. 2) предполагается определять для двух сроков прогнозирования – на ближнюю перспективу 10-15 лет и на дальнюю перспективу 15-25 лет.

Транспортная система города, как любая динамическая система, представляет собой открытую, развивающуюся систему. Для целей прогнозирования и планирования допускается в каждый конкретный момент времени рассматривать транспортную систему как статическую, т.е. с определенными, неизменными параметрами в данный момент времени. Такой подход является определенной идеализацией системы. Однако он необходим при разработке генерального плана города, комплексной транспортной схемы.

Взаимосвязь этих процессов определяет целесообразность изложенного в работе подхода к исследованию и развитию систем автоматизации проектирования и управления городов на основе прескриптивного принципа.

Стратегия такого подхода должна быть направлена на автоматизацию территориально-производственного и социально-экономического планирования, управления и градостроительного проектирования развития городов на качественно новом уровне, обеспечивающим формирование и поддержку информационных ресурсов городских инфраструктур на единых банках данных и системе взаимосвязанных моделей и программ.

Таблица 2

Показатели (расчетный срок)	Тип магистралей и вид движения							
	Скоростные дороги	Общегородские магистрали		Районные магистрали			Жилые улицы	
		легковое	смешанное	4	5	6		7
1	2	3	4	5	6	7	8	
1. Минимальная скорость движения V_0 , км/ч	50	45	40	35	30	25	20	
2. Расчетная скорость движения $V_{расч.}$, км/ч	160	120	100	100	80	70	60	
3. Количество полос движения в оба направления, n	8	8	8	6	6	4	4	
4. Ширина полосы движения b_0 , м	4,25	4,00	4,00	3,75	3,75	3,75	3,50	
5. Ширина дополнительной краевой полосы $b_{доп.}$, м	1,00	0,75	0,50	-	-	-	-	
6. Ширина разделительной полосы $b_{разд.}$, м	6,00	4,00	2,00	-	-	-	-	
7. Наибольший продольный уклон проезжей части i , %	30	40	40	50	40	30	60	
8. Оптимальный уровень загрузки проезжей части, γ	0,50	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	1,00	

Системное понимание целей и задач автоматизации проектирования и управления городами и регионами, формирование современных представлений об автоматизации сложнейшего хозяйства городов в системе перспективного планирования, рационального проектирования городов, а также оперативного управления конгломератом городских инфраструктур, представляется сегодня крайне важным в формировании взгляда на город, как на сложнейший организм, все подсистемы и элементы которого взаимосвязаны.

Основными транспортно-планировочными критериями при оценке вариантов генерального плана города и его транспортно-дорожной сети являются: затраты времени населением на передвижения внутри города с трудовыми и культурно-бытовыми целями и на передвижение к основным фокусам тяготения населения; транспортная подвижность населения с учетом коэффициентов пользования транспортом; работа городского транспорта; показатели, характеризующие удобство передвижений населения; капиталовложения в строительство улично-дорожной и транспортной сети; затраты на эксплуатацию подвижного состава и сети городского транспорта; планировочные факторы удобства и условия безопасности движения.

Улично-дорожная сеть объединяет город в целостный функционально-планировочный комплекс и состоит из сети магистральных улиц и дорог, сети местных проездов и улиц, связывающих различные функциональные зоны и центры между собой. Сеть магистральных улиц - каркас всей транспортно-планировочной организации города, имеющей выходы на связь с другими городами и пригородами. Необходимость теоретических разработок и обобщений в области транспортных систем городов порождается и определяется потребностями экономики города, его градостроительного развития, проектной и эксплуатационной практикой транспортных предприятий. В диссертации выделены основные теоретические вопросы развития транспортных систем в городах: повышение достоверности транспортно-планировочных прогнозов, совершенствование методики научно-обоснованных расчетов комплексной транспортной системы города и обеспечение наиболее эффективного использования транспортных средств и капиталовложений с соблюдением народно-хозяйственных и общественных интересов населения.

Начертание улично-дорожной сети в плане города влияет не только на форму микрорайонов и жилых районов, но и на возможность реализации движения на отдельных участках магистралей. Это связано прежде всего с возможной длиной перегонов, а также с условиями движения транспортных потоков в зоне перекрестка. Кроме того, конфигурация УДС влияет и на величины отдельных показателей.

Многоступенчатый подход в решении транспортной проблемы позволяет более четко классифицировать магистрали, очередность их строительства,

обеспеченность инженерным оборудованием, строительство дорожно-транспортных сооружений, введение систем управления движением транспорта. Указанные вопросы должны решаться в комплексе других проблем развития города и его районов.

Учитывая влияние различных факторов на формирование улично-дорожной сети города, в работе научно обоснованы значения однополосной и фактической плотностей и количества полос движения на городских магистралях – табл. 3.

Таблица 3

Тип магистрали и вид движения	Регулируемое движение			Непрерывное движение		
	δ_{200} , км/км ²	$\delta_{2\phi}$, км/км ²	n , пол.	δ_{200} , км/км ²	$\delta_{2\phi}$, км/км ²	n , пол.
I. Скоростные дороги						
	—	—	—	9-11	1,2-1,5	7-10
II. Магистрали общегородского значения						
– легковое движение	10-12	1,7-2,2	5,0-7,0	8-10	1,3-1,6	6-8
– смешанное движение	8-10	1,5-2,0	4,5-6,5	8-10	1,4-1,8	5-7
III. Магистрали районного значения						
– легковое движение	8-9	1,8-2,2	3,5-5,0	8-10	1,6-2,0	4-6
– смешанное движение	7,5-9	2,1-2,5	3,0-4,5	7-9	1,7-2,1	4-6
– грузовое движение	7-8,5	2,2-2,8	2,5-4,0	6,5-8	1,8-2,2	3-5
IV. Жилые улицы	5-7	3,0-3,5	2,0-2,5	—	—	—

Как видно, длина перегона и количество полос движения являются одними из главнейших показателей УДС, а однополосная и фактическая плотности магистралей характеризуют размеры проезжей части и условия движения.

Инженерно-градостроительное обоснование развития магистральной сети города

Проектирование улично-дорожной сети города – классификация и трассировка магистралей, назначение количества полос движения и общей ширины улицы и др. предложено осуществлять совместно с решением других градостроительных задач (формированием селитебной зоны, системы обслуживания, промышленности и т.п.). Выбор параметров отдельных участков дорожной сети определяется как общим решением системы

магистралей, так и конкретными архитектурно-планировочными задачами прилегающих микрорайонов или всего жилого района.

К основным показателям, характеризующим транспортную систему города в целом, относятся:

1. Подсистема городского транспорта – количество автомобилей общее Q и в движении Q_0 (авт); средние характеристики движения транспортных потоков по городу – интенсивность N'_{cp} (авт/ч), скорость V_{cp} (км/ч) и плотность P'_{cp} (авт/км); средние характеристики движения транспортных потоков по отдельным типам магистралей – интенсивность N'_i , скорость V_i , плотность P'_i .

2. Подсистема улично-дорожной сети – общие показатели – протяженность фактическая L_ϕ (км) и однополосная $L_{од}$ (км), площадь проезжей части S (тыс.м²), средняя ширина проезжей части B_{cp} (м); удельные показатели – средняя ширина полосы движения b_{cp} (м), однополосная $\delta_{2од}$ и фактическая $\delta_{2\phi}$ плотности магистралей (км/км²), квадратичная плотность магистралей δ_1 (%), площадь проезжей части на одного жителя f_0 (м²/авт.дв.) и автомобиль в движении $f_{од}$ (м²/авт.дв.) и списочный $f_{сч}$ (м²/авт.сп.), протяженность магистралей на одного жителя однополосная $l_{од}$ и фактическая l_{ϕ} (м/чел.).

Указанные показатели вычисляются по формулам (15)-(39), в которых также приняты следующие обозначения: $L_{одi}$ и $L_{\phi i}$ – длина i -го типа магистрали в однопутном и фактическом исчислении; U и U_0 – уровень автомобилизации и удельное количество автомобилей в движении (авт/тыс.чел.); K_p – коэффициент учета автомобилей в движении; население H (тыс.чел.) и селитебная территория F (км²) города; Δ_i и $\Delta_{\phi i}$ – доля магистралей i -го типа от общей протяженности транспортных путей в городе в однопутном и фактическом исчислении.

$$Q = U N. \quad (15) \quad P'_{cp} = \sum \Delta_i P'_i. \quad (19)$$

$$Q_0 = \sum Q_{0i} = \sum P_i L_{одi} = P_{cp} L_{од}. \quad (16) \quad \frac{1}{V_{cp}} = \sum \frac{\Delta_i}{V_i}. \quad (20)$$

$$Q_0 = U_0 H = U_0 \delta F = K_p Q. \quad (17) \quad L_{од} = \sum L_{одi} = \frac{Q_0}{P'_{cp}} = \frac{U_0 \delta F}{P'_{cp}}. \quad (21)$$

$$N'_{cp} = P'_{cp} V_{cp} = \sum \Delta_i N'_i. \quad (18) \quad L_{\phi} = \sum L_{\phi i} = \frac{Q_{0\phi}}{P'_i}. \quad (22)$$

$$L_{\phi} = \frac{L_{\text{ост}}}{n_i} \quad (23) \quad f_{\phi} = \frac{S}{H} = \frac{U_{\phi} b_{\phi}}{P'_{\phi}} \quad (32)$$

$$L_{\phi} = \sum L_{\phi i} = \frac{L_{\text{ост}}}{n_{\phi}} = \frac{Q_{\phi}}{n_{\phi} P'_{\phi}} \quad (24) \quad f_{\text{ост}} = \frac{S}{Q_{\phi}} = \frac{b_{\phi}}{P'_{\phi}} \quad (33)$$

$$S = \sum b_i L_{\text{ост}} = b_{\phi} L_{\text{ост}} \quad (25) \quad l_{\text{ост}} = \frac{L_{\text{ост}}}{H} = \frac{U_{\phi}}{P'_{\phi}} \quad (34)$$

$$B_{\phi} = n_{\phi} b_{\phi} = \frac{S}{10 L_{\phi}} \quad (26) \quad l_{\phi} = \frac{L_{\phi}}{H} = \frac{U_{\phi}}{n_{\phi} P'_{\phi}} \quad (35)$$

$$S_{\text{м}} = L_{\phi} B_{\text{м}\phi} = S W_{\phi} \quad (27) \quad \delta_{2\phi} = \frac{L_{\phi}}{F} = \frac{U_{\phi} \delta}{n_{\phi} P'_{\phi}} \quad (36)$$

$$\Delta_i = \frac{L_{\text{ост}}}{L_{\text{ост}}} \quad (28) \quad \delta_{2\text{ост}} = \frac{L_{\text{ост}}}{F} = \frac{U_{\phi} \delta}{P'_{\phi}} \quad (37)$$

$$\Delta_{\phi} = \frac{L_{\phi}}{L_{\phi}} = \Delta_i \frac{n_{\phi}}{n_i} \quad (29) \quad \delta_{1\text{м}} = \frac{S_{\text{м}}}{F} = \delta_i W_{\phi} \quad (38)$$

$$b_{\phi} = \frac{S}{L_{\text{ост}}} = \sum \Delta_i b_i \quad (30) \quad \delta_1 = \frac{S}{F} = \frac{U_{\phi} \delta b_{\phi}}{10 P'_{\phi}} \quad (39)$$

$$\frac{1}{n_{\phi}} = \frac{L_{\phi}}{L_{\text{ост}}} = \sum \frac{\Delta_i}{n_i} \quad (31)$$

Все рассмотренные показатели транспортной системы города зависят от протяженности магистралей в одно-рядовом исчислении. Поэтому в первую очередь реализована оптимизация структуры дорожно-транспортной сети, а на ее основе — и оптимизация остальных показателей. Подготовка задачи проектирования дорожно-транспортной сети города может быть представлена задачами оптимизации двух видов.

1. УДС должна обеспечивать необходимую емкость и заданные режимы движения при минимальной величине капиталовложений.

2. УДС должна иметь максимальную емкость и режимы движения при ограниченных (фиксированных) капиталовложениях.

В реферате приведена модель задачи по первому виду. Капитальные вложения в строительство улично-дорожной сети города составляют

$$K_{\Sigma} = \sum K_i = L_{\text{ост}} \sum a_i \Delta_i = \frac{Q_{\phi}}{P'_{\phi}} \sum \Delta_i a_i \quad (40)$$

В данном выражении K_i и a_i — общие и удельные капитальные вложения по элементам затрат: проезжая часть, озеленение, освещение, обустройство магистралей, инженерные защитные сооружения, организация

движения, потери при дорожно-транспортных происшествиях и пр. В зависимости от целей проектирования, имеющихся ограничений финансового и материального порядка возможно различное сочетание элементов затрат в общей величине капитальных вложений. Это же относится и к эксплуатационным расходам.

Так как количество автомобилей в движении Q_o является постоянной величиной, то в качестве одной из оптимизационных функций можно рассматривать средние затраты на организацию движения одного автомобиля:

$$K_{cp}'' = \frac{K_{\Sigma}}{L_{\infty}} = \sum \Delta_i \alpha_i \rightarrow \min. \quad (41)$$

Другими оптимизационными функциями являются: средняя скорость движения транспортных потоков V_{cp} , эксплуатационные расходы на перевозку пассажиров и грузов \mathcal{E}_z или суммарные приведенные затраты на организацию движения транспорта \mathcal{Z}_{np} :

$$\begin{aligned} V_{cp} &\rightarrow \max; \\ \mathcal{E}_z &= \sum \mathcal{E}_i = L_{\infty} \sum c_i \Delta_i \rightarrow \min; \\ \mathcal{Z}_{np} &= (K_z + \mathcal{E}_z T_{\infty}) \rightarrow \min. \end{aligned} \quad (42)$$

В качестве ограничений приняты некоторые из ранее приведенных выражений:

$$\begin{aligned} L_{\infty} &= \sum L_{\infty i}; & \sum \Delta_i &= 1; \\ S &= \sum b_i L_{\infty i}; & \sum \Delta_i b_i &= b_{cp}; \\ Q_o &= \sum p'_i L_{\infty i}; & \sum \Delta_i p'_i &= p'_{cp}; \\ & & \sum \frac{\Delta_i}{V_i} &= \frac{1}{V_{cp}}. \end{aligned} \quad (43)$$

В результате выполненных исследований доли магистралей в однополосном исчислении предлагается вычислять по следующим формулам:

$$\begin{aligned} \Delta_1 &= \frac{(b_{cp} - b_3)^2}{(b_1 - b_3)^2}; \\ \Delta_2 &= \frac{(b_1 - b_{cp})(b_{cp} - b_3)}{(b_1 - b_3)(b_2 - b_3)}; \\ \Delta_3 &= 1 - \Delta_1 - \Delta_2. \end{aligned} \quad (44)$$

Реализация постановки задачи оптимизации УДС по второму виду приведена в тексте диссертации.

Целесообразность и возможность применения указанных выражений подтверждается также другими направлениями исследований: порядковые статистики и анализ режимов движения транспортных потоков.

Сводные результаты прогнозирования динамики уровня автомобилизации приведены в табл. 4.

Таблица 4

Период	1980	1985	1990	1995	2000
Уровень автомобилизации, авт/тыс.чел.	50-65	65-85	85-110	115-140	150-180

Размеры проезжей части зависят от общего Q_0 или удельного U_0 количества автомобилей в движении:

$$Q_0 = U_0 H = K_p Q ; \quad (45)$$

$$U_0 = K_p U . \quad (46)$$

Проведенные вычислительные эксперименты и проектирование УДС городов различной величины позволили получить следующие уравнения:

$$1. \Phi = 0,8 \exp(2,2 \cdot 10^{-5} H); \quad (47)$$

$$2. K_{p,ж.р} = a_1 + a_2 \Phi ;$$

$$a_1 = -0,235 - 9 \cdot 10^{-4} U ;$$

$$a_2 = 0,425 + 8,5 \cdot 10^{-4} U ; \quad (48)$$

$$3. K_{p,с.р} = a_3 + a_4 \Phi ;$$

$$a_3 = -0,533 + 1,96 \cdot 10^{-3} U - 5,4 \cdot 10^{-6} U^2 ;$$

$$a_4 = 1,055 - 4,32 \cdot 10^{-3} U + 10,8 \cdot 10^{-6} U^2 . \quad (49)$$

Используя полученные выражения, определены в зависимости от размера города уровень обеспеченности данных, а также коэффициенты использования автомобилей для жилого района и города в целом. Все это позволяет дифференцированно учитывать загрузку магистралей различных жилых образований при изменяющемся уровне автомобилизации населения.

Таблица 5

Города с населением, тыс.чел.	Уровень автомобилизации населения, авт/тыс.чел., по годам			
	1985	1990	1995	2000
4000	73-95	92-123	129-157	168-202
2000	72-94	94-121	127-154	165-198
1000	69-90	90-117	122-148	159-191
500	64-84	84-109	114-138	148-178
250	58-76	76-98	102-125	133-160
100	47-61	61-79	83-101	108-130
Менее 50	39-51	51-66	69-84	90-108

Таблица 6

Города с населением, тыс. чел.	Удельное количество автомобилей в движении для города в среднем, авт/тыс.чел., по годам			
	1985	1990	1995	2000
4000	20-24	23-28	28-32	33-37
2000	18-21	21-24	24-26	27-29
1000	17-20	20-23	23-26	27-30
500	15-18	18-21	22-24	25-27
250	14-16	16-19	20-22	22-25
100	12-14	14-17	17-20	20-22
Менее 50	10-12	12-15	15-18	18-20

Таблица 7

Города с населением, тыс. чел.	Удельное количество автомобилей в движении для жилого района, авт/тыс.чел., по годам			
	1985	1990	1995	2000
4000	9-11	11-14	15-17	18-21
2000	8-10	10-12	12-14	15-17
1000	7-9	9-11	11-12	13-14
500	6-8	8-9	10-11	12-13
250	5-7	7-8	8-10	10-11
100	5-6	6-7	7-8	9-10
Менее 50	4-5	5-6	6-7	8-9

Одним из условий стадийного (последовательного) расчета улично-дорожной сети города является возможность вычисления средних характеристик транспортных потоков и взаимосвязи их с режимами движения автомобилей на магистралях.

При решении транспортных проблем в городе кроме скорости движения транспортных потоков необходимо использовать также скорость сообщения транспортных средств с учетом задержек на перекрестках. Если скорость движения автомобилей определяет необходимые размеры проезжей части, то скорость сообщения характеризует эффективность работы транспортной системы – рационально выбранных параметров магистралей и системы организации движения.

Средняя по городу доля остановленных на перекрестке автомобилей $\delta_{\text{ср}}$ должна дифференцироваться по типам магистралей: общегородского значения $\delta_{0,1} = 0,20 - 0,30$; районного значения $\delta_{0,2} = 0,40 - 0,50$ и жилые улицы $\delta_{0,3} = 0,5 - 0,6$. Подобные характеристики учитывают не только длительность

светофорных циклов, но и введение систем координированного и автоматизированного управления движением транспортных потоков.

Так как плотность потоков на магистралях непрерывного движения в 1,5 раза выше, чем на регулируемых, то доля магистралей непрерывного движения (в однополосном исчислении) должна составлять $\Delta_n = 0,04 - 0,12$ для различных по величине городов.

Управление развитием улично-дорожной сети города должно охватывать в совокупности вопросы обоснования необходимых плотности и структуры уличной сети, а также оптимальной организации движения транспорта. Как показали расчеты, улучшением светофорного регулирования на перекрестках можно повысить скорость сообщения в среднем лишь на 10-15%. Созданием оптимальной плотности магистральной сети скорость сообщения можно повысить на 15-20%. Другие резервы повышения скорости сообщения заключаются в совершенствовании методов регулирования (10%) и создания развязок непрерывного движения (15-25%).

Общей особенностью рекомендуемых показателей транспортной системы является зависимость их от величины города. Различная численность населения и планировочные особенности решения селитебной территории предполагают необходимость дифференциации показателей для городов различной величины. При постоянных характеристиках магистралей для каждого города рекомендуются свои параметры улично-дорожной сети и режимы движения транспортных потоков.

Методология проектирования УДС

Построение системы улично-дорожной сети в генеральном плане города в основном определяется объемами работы транспорта по перевозкам пассажиров и грузов. При этом возникает естественное противоречие между существующей стабильностью сети улиц и быстрой динамикой роста автомобильного парка при непрерывном его качественном изменении. Начертание улично-дорожной сети, планировка системы магистралей подвергаются в процессе развития города, как правило, наименьшим изменениям. Методика проектирования УДС города (рис.2) предполагает также необходимость корректировки сети по другим критериям: организация движения массового пассажирского транспорта; организация движения легкового и грузового транспорта; создание направлений скоростного и непрерывного движения между отдельными районами города или для пригородных зон (вылетные и хордовые магистрали); создание зон ограниченного движения; введение пешеходных улиц и т.п. Следует учитывать транспортные предпосылки в определении основных показателей УДС - обеспечение необходимой емкости сети при заданных режимах движения автомобилей. Поэтому введение дополнительных условий проектирования

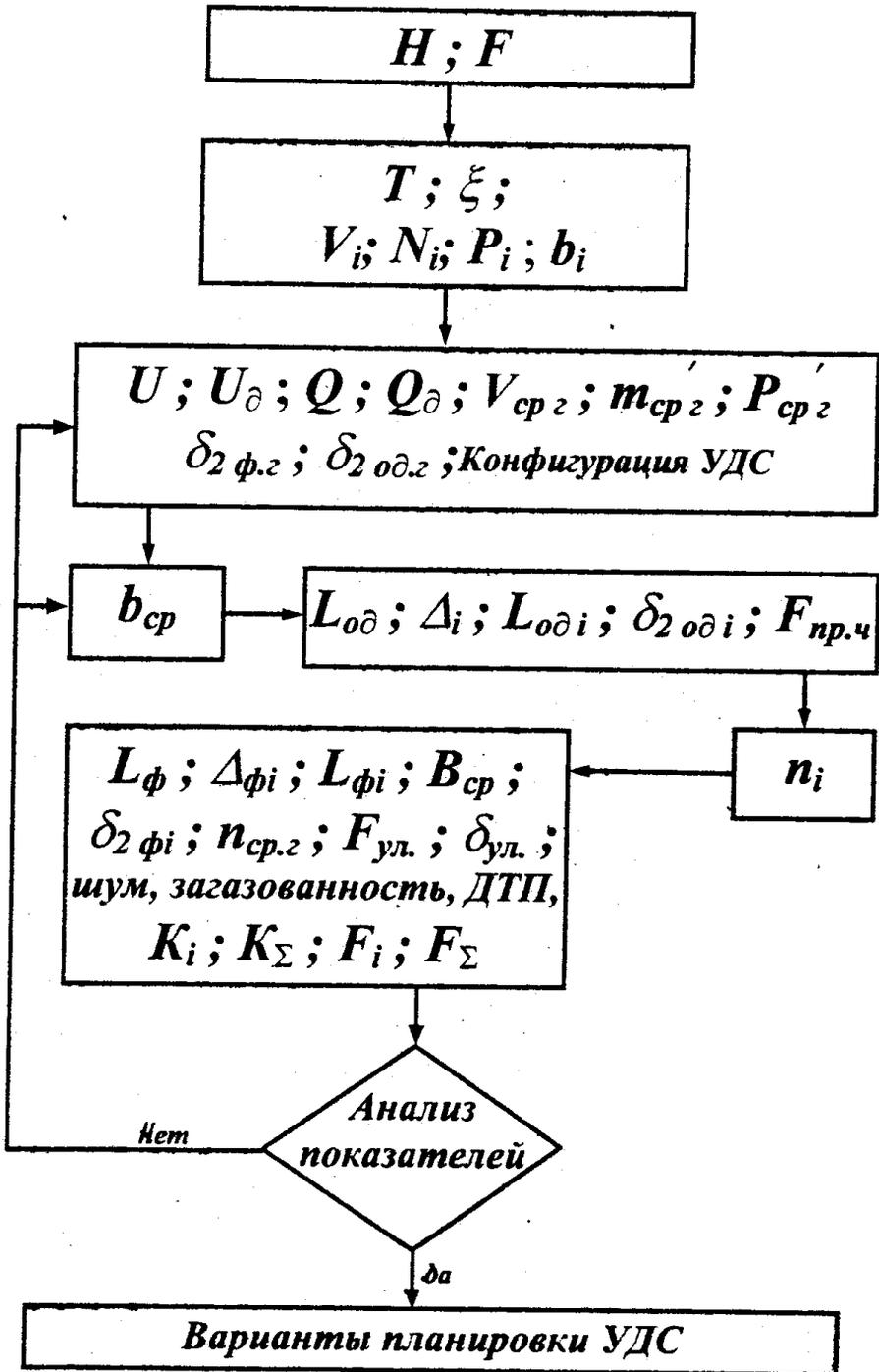


Рис.2. Блок-схема расчета показателей улично-дорожной сети города

города и улично-дорожной сети приводит к корректировке начертания и характеристик УДС как в целом по городу, так и на отдельных ее участках.

Использование системного анализа в управлении развитием города имеет особое значение. Постановка натурального эксперимента является очень дорогой и требует длительного периода. Системный же анализ позволяет извлечь максимальную пользу из каждого этапа исследования, используя в необходимых случаях модельные или вычислительные эксперименты. Сложность объекта исследования - улично-дорожной сети города совместно с транспортными потоками - предопределяет использование системного анализа для выделения структурных элементов, их исследования и определения закономерностей их взаимодействия. Качественное различие характеристик магистралей и улично-дорожной сети обуславливают установление иерархии целей и задач, возможность выполнения расчетов по различным направлениям в зависимости от набора исходных данных и поставленных целей.

Развитие города есть совокупный результат комплексной деятельности - экономического и социального планирования, градостроительного проектирования, всей сферы реализации принятых решений. Поэтому при управлении развитием города как единого социально-пространственного комплекса учтены в равной мере все составные части этого процесса. При этом социальная и производственная подсистемы города составляют общий объект управления и градостроительного проектирования вместе с инженерной и транспортной инфраструктурой и природно-экологической средой города.

Дальнейшее возрастание роли транспорта в территориальной организации производства и расселения потребовало перехода к принципиально новым проблемам, позволяющим более качественно решать возникаемые транспортно-градостроительные задачи. Новые и нетрадиционные направления изучения социально-экономических проблем городского транспорта связаны прежде всего с усилением комплексного подхода. Наряду с подходом к городскому транспорту с градостроительных позиций, усиливается его исследование как составной части городской транспортной сети (на разных уровнях). Такой подход требует установления критериев уровня развития транспортной инфраструктуры и экономических возможностей в развитии транспорта. Повышение качества транспортного обслуживания не может не сопровождаться одновременным ростом объема перевозок и средней дальности поездок в новых экономических условиях.

С точки зрения теории управления, собственно управление развитием городов - это планирование и проектирование комплекса всех составляющих их элементов, а регулирование - оперативное управление функционированием городских структур. Именно таким образом и разработана система автоматизированного проектирования и управления развитием города на

основе сформулированных в диссертации положений.

САПР разработана как многоцелевая система, автоматизирующая обоснование проектных вариантов на нескольких этапах градостроительного проектирования. При необходимости, особенно в условиях дефицита информации, САПР функционирует как экспертная система, формализующая и автоматизирующая процессы подготовки принятия решений в многофакторных и многокритериальных задачах, реализуя совокупность моделей, позволяющих соотнести затраты на развитие городов и районов с получаемым экономическим эффектом и влиянием на экологическую обстановку.

САПР разработана как многоуровневая система, построенная на базе ЭВМ большой мощности, комплекса рабочих станций и соответствующего периферийного оборудования. На ЭВМ большой мощности (суперЭВМ) решаются многовариантные задачи ТЭО генплана, расселения населения, застройки селитебных территорий, проектирования улично-дорожной системы, оптимизирующие проектные решения по критериям эффективности использования земель, организации движения транспорта и рационального развития инфраструктур, а также организован общегородской банк данных градостроительного проектирования.

АРМ, созданные на основе персональных компьютеров и графических рабочих станций, обеспечивают пользователям связь с суперЭВМ для выполнения сложных, многовариантных расчетов и получения необходимой информации, хранимой в базе данных системы. Выполнение рядовых, часто проводимых расчетов и хранение соответствующей оперативной и нормативной информации осуществляется непосредственно на АРМ.

Для пользователей, не связанных с анализом и выбором вариантов проектных решений, требуемая информация поступает через современные сетевые средства передачи данных.

САПР обеспечивает:

- совместимость обычного и автоматизированного способов проектирования, удобные формы диалога пользователей с системой;
- унификацию получаемых в автоматизированном режиме планово-экономических и проектно-планировочных выходных документов;
- преемственность, автоматизированный контроль и актуализацию исходной и хранимой в базе данных информации;
- наращивание базы данных по объему и номенклатуре показателей;
- выдачу информации по запросам, справкам, специальным формам и возможность увеличения числа решаемых задач и количества пользователей.

В диссертации подробно изложены результаты реализации подобного подхода как в общетеоретическом плане, так и на ряде конкретных примеров.

Анализ капитальных вложений в строительство транспортной системы города по элементам затрат, периодам прогнозирования и другим факторам позволяет сделать следующие выводы:

1. Наибольшая доля капитальных вложений в общей сумме затрат приходится на строительство магистралей - 30-50%. Около 30% затрат приходится на создание автостоянок и гаражей. Совершенствование организации движения транспорта требует 10-15% затрат. Создание инженерных сооружений по защите окружающей магистрали территории от воздействия транспортных потоков требует 10-25% затрат.

2. Капитальные вложения на строительство транспортной системы, приходящиеся на одного жителя города, за 30-летний период должны увеличиться в 6-8 раз. Динамика изменения капвложений по элементам затрат различная и составляет от 4 до 20 раз.

Общий анализ территории, необходимой для создания транспортной системы города, показывает следующее.

1. Наибольшая доля территории городов приходится на городские магистрали - до 80-85%. По 5-10% транспортной территории приходится на автостоянки и гаражи.

2. Транспортная территория, приходящаяся на одного жителя на ближайшую перспективу должна возрасти с 2-4 м²/чел. до 13-27 м²/чел. или в 6-7 раз.

Предварительный учет основных тенденций и последствий развития ТС и УДС города позволяет также резервировать необходимые территории для строительства магистралей и инженерного оборудования, обеспечивающих безопасность движения и нормальные условия проживания населения. Другим результатом такого прогнозирования является определение необходимых объемов капитальных вложений и соответственно регулирование темпов автомобилизации и развития транспортной системы и магистралей города.

Бурное развитие автомобильного транспорта в России невозможно без решения проблемы территориального резервирования и научно-обоснованного управления развитием сети магистралей. Для этого необходимо видеть динамику изменения всех взаимосвязанных показателей, в том числе - капвложений и транспортных территорий. Обеспечение в настоящее время условий развития транспортной системы города в будущем является одной из ключевых задач современного градостроительства и залогом оптимизации управления развитием крупных городов.

Практическая реализация результатов исследования также подтверждает необходимость и целесообразность оптимизации параметров улично-дорожной сети города. Приведенные примеры свидетельствуют о необходимости комплексного решения градостроительных и транспортных проблем, обеспечивающих наилучшие условия проживания населения.

Целенаправленное управление развитием транспортной системы города позволяет достичь необходимых результатов при существенно меньших инвестициях. Так, разработка варианта улично-дорожной сети г. Челябинска с

использованием разработанных автором методов и критериев позволила сократить общую протяженность магистральной сети на 106,8 км или на 28,1%, увеличить среднюю скорость движения транспорта по городу на 12 км/ч или на 42,9%, повысить емкость сети на 5,6 тыс. автомобилей или на 32,2%. При этом несколько увеличилась площадь проезжей части магистралей – на 32,8 га или на 6,3%. Если же приводить все показатели к одной и той же емкости дорожной сети, то площадь проезжей части (наиболее дорогостоящий элемент сети) сократится на 24,4% при использовании разработанной автором методологии проектирования УДС по сравнению с существующими методами. Несмотря на некоторое увеличение капиталоемкости по предлагаемому варианту, общее снижение инвестиций на строительство магистральной сети составляет 11,8% по сравнению с традиционно используемой на практике технологией градостроительного проектирования.

Разработанная методология проектирования улично-дорожной сети была также использована при проектировании комплексных транспортных схем городов Смоленска, Калининграда, Новгорода, Костромы, Саратова. Эти города относятся к наиболее типичным по численности населения (250-500 тыс. чел.), имеют сложившуюся структуру магистралей. Фактическая плотность магистралей снижается в 2 раза – с 4-10 км/км² до 2-4 км/км². Доля улиц в балансе селитебной территории для всех городов остается на одном уровне.

Большие изменения происходят в структуре магистралей – возрастает доля общегородских и районных магистралей. В то же время для большинства городов по абсолютной протяженности общегородских магистралей по рекомендациям необходимо иметь меньше, чем по генпланам или КТС.

При коррекции показателей УДС по разработанным в диссертации рекомендациям режимы движения транспортных потоков не ухудшаются. Например, емкость улично-дорожной сети для гг. Смоленска и Костромы менее ранее принятых в генплане в 1,5-2 раза, а для гг. Калининграда и В.Новгорода – одна и та же. Но если для первых двух городов увеличение скорости движения составляет 15-20%, то для вторых городов – 20-30%. Существенной характеристикой является и изменение площади проезжей части. Для первых двух городов она снижается на 26-40%, а для двух других – увеличивается на 20-55%.

Причины некоторых различий в диапазонах показателей улично-дорожной сети (в большую или меньшую сторону) состоят в конкретных особенностях транспортной системы городов, а также в неодинаковых темпах развития самого города. Последний фактор является дополнительным подтверждением необходимости более детального и в тоже время системного рассмотрения динамики изменения показателей УДС в целом и по отдельным типам магистралей.

При всем различии показателей по существующим методикам и разработанной автором методологии управления развитием УДС несомненно одно – разработанная в диссертации методика расчета оптимальных показателей улично-дорожной сети городов позволяет более обоснованно управлять развитием УДС с учетом всех градостроительных и инженерных факторов. Другое существенное преимущество разработанной методики – определение необходимых показателей улично-дорожной сети городов и назначение возможных вариантов ее трассировки на стадиях, как предварительных расчетов ТЭП, так и генерального плана города, комплексной транспортной схемы и др.

Применение результатов исследования для решения практических задач подтверждает целесообразность и необходимость рассмотрения показателей транспортной системы на различных стадиях. Иерархическая система показателей более четко разграничивает стадии проектирования: расчет и обоснование основных параметров транспортной системы города; трассировка магистралей на плане города; уточнение показателей по зонам и районам города; уточнение режимов движения и характеристик отдельных магистралей; обоснование необходимых дорожно-транспортных условий для обеспечения требуемых режимов движения автомобилей.

Положения диссертации позволяют, прежде всего, внести необходимую ясность и упорядоченность в систему градостроительного проектирования и обеспечить современный уровень ее автоматизации за счет использования современных компьютерных и информационных технологий, САПР и т.д.

На основе формирования свода требований к системе комплексной автоматизации проектирования городов и районов, предназначенной для построения технико-экономических, социально-демографических и инженерных обоснований, определяющих общие основы развития городов (с концентрацией на вопросах разработки и реализации комплекса проектных материалов), положения диссертации позволяют обеспечить повышение уровня технико-экономического обоснования проектных решений и эффективности использования земель, сокращение сроков трудоемких вариантных расчетов транспортно-градостроительного характера.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ И РЕЗУЛЬТАТЫ

Проведенные в диссертационной работе исследования образуют инженерно-градостроительную основу проектирования и управления развитием улично-дорожной системы города как важнейшего компонента его транспортной системы, обеспечивая решение важнейшей научно-практической проблемы развития дорожно-транспортной инфраструктуры современных городов и позволяют сформулировать следующие основные выводы и конкретные научно-практические результаты.

1. Комплексный анализ проектирования и управления развитием городских инженерно-транспортных инфраструктур позволил установить, что для создания современной транспортной системы города ее исследование и рациональное развитие следует рассматривать на базе двух основных подсистем: улично-дорожной сети и автотранспортных потоков. При таком подходе задачи определения рациональных характеристик улично-дорожной сети и режимов движения автотранспортных потоков решаются взаимосвязано и с учетом логичной иерархии построения всей дорожно-транспортной инфраструктуры городов.

2. Основной особенностью рассматриваемой методологии развития инженерно-транспортной инфраструктуры города, методов и алгоритмов расчета показателей улично-дорожной сети и параметров движения автотранспортных потоков служит интегрированная оценка системы магистралей обобщенного типа со средними характеристиками движения транспортных потоков. Комплекс показателей УДС города рассмотрен не только с позиций удовлетворения транспортных потребностей населения и предприятий, но и создания необходимых условий проживания горожан при ограничении отрицательного воздействия автомобилей на окружающую среду. Дифференциация показателей улично-дорожной сети произведена для городов различной величины и периодов прогнозирования.

3. Научные положения диссертации позволяют дифференцировать плотность УДС городов по типам, территории охвата и другим функциональным характеристикам (емкости сети, режимам движения транспорта, размерам межмагистральной территории и возможности членения селитебной территории на отдельные планировочные районы и зоны). Комплексный учет градостроительных и дорожно-транспортных факторов обеспечивает возможность определения рациональной плотности городских магистралей для различных градостроительных ситуаций и условий движения автотранспортных потоков. Дифференциация размеров магистралей от вида движения (легковое, смешанное, грузовое, а также непрерывное или регулируемое) и периодов прогнозирования позволяют обеспечить наиболее благоприятные условия развития улично-дорожной сети городов.

4. Выполненные теоретические и экспериментальные исследования по сути представляют собой комплексное инженерно-градостроительное обоснование решения важной народно-хозяйственной проблемы - расчета и оптимизации основных показателей улично-дорожной системы города. Комплексность решения данной проблемы заключается не только в расширении количества учитываемых характеристик (планировочно-градостроительных и дорожно-транспортных), но и параметризации показателей и формализации взаимосвязи между ними, что позволяет рассматривать во взаимосвязи градостроительные, экологические,

транспортные, дорожные и экономические проблемы проектирования и управления развитием дорожно-транспортной инфраструктуры городов.

5. Проведенные исследования и расчеты позволяют проследить динамику изменения показателей улично-дорожной сети городов, а при изменении условий развития города - уровня автомобилизации, объемов капитальных вложений - выполнить корректировку существующих показателей инженерно-транспортной инфраструктуры городов.

6. Сформулированные в диссертационном исследовании научные положения, подходы, методы, алгоритмы и технологии проектирования и управления развитием улично-дорожной сети вошли составной частью в «Систему автоматизированного градостроительного проектирования г. Челябинска», а также ряд разделов «Системного проекта региональной автоматизированной информационной системы органов управления Челябинской области». Использованы они также и в практике транспортно-градостроительного проектирования ряда городов страны.

Инженерно-градостроительные основы проектирования и управления развитием улично-дорожной сети города составляют самостоятельный блок поставленных и решенных научно-практических задач, входящих в научное направление совместных исследований Администрации Челябинской области, Южно-Уральского государственного университета и Южно-Уральского Центра управления и геополитики РАЕН по проблемам управления и развития городов и территорий субъектов РФ.

Положения и результаты диссертационного исследования опубликованы в 76 печатных работах. Основные публикации по теме диссертации:

1. Игнатъев Ю.В., Шлейков Б.И. Обоснование основных параметров магистральной сети города // - Известия вузов. Строительство и архитектура. - 1975. - №9. - 7с.
2. Игнатъев Ю.В., Шлейков Б.И. Прогноз развития транспортной системы города // Сб. Трудов. - Челябинск: ЧПИ, 1976. - С.90-95. - №187.
3. Игнатъев Ю.В., Логиновский О.В., Вальц В.К. Примеры расчета основных показателей транспортной системы города. - Челябинск: ЧПИ, 1977. - 66 с.
4. Игнатъев Ю.В., Дель А.А., Логиновский О.В. Организация движения городского транспорта на системе перекрестков // Сб. трудов ВНИИБД МВД СССР. - М., 1979. - С.21-25. - №22.
5. Игнатъев Ю.В., Логиновский О.В., Вальц В.К. и др. Городские улицы, дороги и транспорт: Конспект лекций. - Челябинск: ЧПИ, 1979. - 260 с.-Ч.1, Д.Ш.
6. Игнатъев Ю.В., Логиновский О.В. Влияние плотности уличной сети на организацию и режимы движения транспорта // Сб. трудов ВНИИБД МВД СССР. - М., 1980. - С.57-62.
7. Игнатъев Ю.В., Шлейков Б.И., Костян А.М. Улично-дорожная сеть центра города и ее развитие // В кн.: Задачи совершенствования организации движения в центрах городов: Тезисы республиканской НТК. - Вильнюс, 1980. - С.38-40.
8. Игнатъев Ю.В., Шлейков Б.И. Развитие улично-дорожной сети города // В кн.: Развитие сети городских улиц и дорог: Тезисы докладов Всесоюзной НТК. - Шауляй, 1981. - С.62-64. - Ч.1.

9. Игнатьев Ю.В. Динамика развития транспортных систем городов // В кн.: Комплексное развитие автомобильного транспорта крупных городов: Тезисы докладов II Всесоюзной НТК. - М., 1981. - С.164-166.

10. Игнатьев Ю.В. Магистральная сеть города. - Челябинск: ЧПИ, 1981. - 46 с.

11. Игнатьев Ю.В. Плотность и конфигурация улично-дорожной сети города // В кн.: Проектирование и строительство автомобильных дорог и городских улиц с учетом интенсивной автомобилизации ЭССР: Тезисы докладов республиканской научно-технической конференции. - Таллин, 1982. - С.95-97.

12. Игнатьев Ю.В. Динамика изменения показателей транспортной системы города // Сб. трудов - Челябинск: ЧПИ, 1982. - 32 с.

13. Игнатьев Ю.В. Динамика автомобилизации городского населения // Сб. трудов. Челябинск: ЧПИ, 1982. - 8 с.

14. Игнатьев Ю.В., Леонтьева К.С., Костин А.М. Расчет и нормирование загазованности атмосферного воздуха городских магистралей от автотранспорта // В кн.: Современное состояние и тенденции развития больших городов в СССР и за рубежом. - М.: МГЦНТИ, 1984. - 21 с. - Вып.9.

15. Игнатьев Ю.В., Костин А.М., Положаров В.М., Коншин Е.П. Опыт изучения влияния режимов регулирования дорожного движения на состояние окружающей среды городов. - М., Транспорт, 1986. - 49 с.

16. Игнатьев Ю.В. Стратегия развития транспортных систем городов // В кн.: Улучшение окружающей среды и рациональное использование ресурсов. - Челябинск: ЧПИ, 1987. - 8 с.

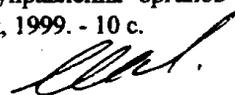
17. Игнатьев Ю.В. Расчет и оптимизация параметров улично-дорожной сети города // В кн.: Улучшение окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов. - Челябинск: ЧПИ, 1987. - 6 с.

18. Игнатьев Ю.В., Дьяков А.Б., Костин А.М. и др. Экологическая безопасность транспортных потоков. - М.: Транспорт, 1989. - 128 с.

19. Игнатьев Ю.В., Шлейков Б.И. Эффективность автомобильных стоянок открытого типа // В кн.: Социально-экономические проблемы развития транспортных систем городов. - Екатеринбург, 1998. - 4 с.

20. Игнатьев Ю.В., Логиновский О.В. Развитие транспортной системы крупного города // В кн.: Вопросы информатизации и управления органов государственной власти и местного самоуправления: Сб. докладов международного научно-практического семинара. - Челябинск, 1999. - 9 с.

21. Игнатьев Ю.В. Проектирование улично-дорожной сети города // Сб. докладов научно-практического семинара «Вопросы информатизации и управления органов государственной власти и местного самоуправления». - Челябинск, 1999. - 10 с.



Издательство Южно-Уральского государственного университета

ИД № 00200 от 29.09.99. Подписано в печать 20.04.2000. Формат
60*84 1/16. Печать офсетная. Усл. печ. л. 2,09. Уч. - изд. л. 2.
Тираж 80 экз. Заказ 187/184.

УОП Издательства. 454080, г. Челябинск, пр. им. В.И. Ленина, 76.