

18.00.04
K723

МОСКОВСКИЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
ИНЖЕНЕРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ ИНСТИТУТ ИМ. В. В. КУЙБЫШЕВА

На правах рукописи

КОСТИН Александр Михайлович

УДК 711.7.73:656.13:688.62

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТРАНСПОРТНО-ПЛАНИРОВОЧНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК
УЛИЧНО-ДОРОЖНОЙ СЕТИ ГОРОДА С УЧЁТОМ ФАКТОРА ЗАГАЗОВАННОСТИ
АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА АВТОМОБИЛЬНЫМ ТРАНСПОРТОМ

18.00.04. - Градостроительство, районная планировка,
ландшафтная архитектура и планировка
сельскохозяйственных населённых мест

А в т о р с ъ ф е р а т
диссертации на соискание учёной степени
кандидата технических наук

Москва - 1986

Работа выполнена в Челябинском политехническом институте им. Ленинского комсомола.

Научный руководитель - кандидат технических наук, доцент
ИГНАТЬЕВ Ю.В.

Официальные оппоненты - доктор технических наук, профессор
ФИШЕЛЬСОН М.С.

- кандидат технических наук, старший
научный сотрудник МИНИН Н.П.

Ведущая организация - Научно-исследовательский и проектный
институт Геншлана г.Москвы

Защита состоится "___" _____ 1986 г. в ___ часов на
заседании специализированного Совета Д.053.11.03 при Московском
инженерно-строительном институте им. В.В.Куйбышева по адресу:
г.Москва, Шлюзовая наб., д.8, ауд.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке института.

Просим Вас принять участие в защите и направить Ваш отзыв
по адресу: 129337, Москва, Ярославское шоссе, 26, МИСИ им.В.В.
Куйбышева, Учёный Совет.

Автореферат разослан "___" _____ 1986 г.

Учёный секретарь специализи-
рованного Совета кандидат
технических наук, доцент

А.С.ИЛЬЯШЕВ

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ



Актуальность темы. Постоянный рост населения и территории городов, транспортного парка и объёма перевозок вызывает дальнейшее повышение требований к планировке и застройке городов с учётом негативных аспектов автомобилизации.

В свете решений партии и правительства СССР об охране окружающей среды борьба с загрязнением воздушного бассейна городов автомобильным транспортом занимает одно из важнейших мест в общей системе мероприятий по оздоровлению окружающей среды.

Анализ отечественных и зарубежных работ, посвящённых этой проблеме, показывает, что помимо совершенствования самих транспортных средств существенный вклад в снижение загазованности атмосферы городов могут внести планировочные мероприятия, улучшение организации движения и управления транспортными потоками. В связи с этим вопросы взаимосвязи задач развития улично-дорожной сети городов и совершенствования транспортно-планировочных характеристик магистралей, рассматриваемые в комплексе с факторами загрязнения окружающей среды, имеют актуальное значение.

Целью диссертационной работы является совершенствование методики анализа транспортно-планировочных характеристик улично-дорожной сети города с учётом фактора загазованности атмосферного воздуха автомобильным транспортом, позволяющей получить научно-обоснованные рекомендации развития сети магистральных улиц в городах.

В соответствии с поставленной целью решаются следующие основные задачи исследования:

- разработка модифицированной модели движения транспортного потока, описывающей закономерности проезда автомобилей на участках улично-дорожной сети города, и проведение экспериментальных исследований для уточнения и корректировки характеристик движения автомобилей на городских магистралях;

- разработка расчётных методов определения величины выброса вредных веществ движущимися потоками автомобилей и их концентраций в приземном слое воздуха городских магистралей с учётом влияния комплекса транспортных, планировочных, градостроительных и метеорологических показателей;

- определение степени влияния транспортно-планировочных характеристик улично-дорожной сети на уровень загазованности магистралей и разработка рекомендаций по определению рациональных параметров транспортных потоков, характеристик сети и организации движения.

Методика исследования базируется на положениях марксистско-ленинской теории познания, требующей комплексного рассмотрения целого с анализом его элементов и учётом взаимосвязей. В процессе решения поставленных задач использовались теоретико-экспериментальные методы, основанные на математико-статистическом анализе закономерностей городского движения, математическом моделировании с использованием ЭВМ процесса движения потока автомобилей, выброса вредных веществ и их концентраций в атмосферном воздухе и экспериментальной проверки в натуральных условиях.

Научная новизна проведённых исследований заключается в разработке комплексного подхода к анализу и оценке транспортно-планировочных характеристик улично-дорожной сети города с учётом загазованности атмосферного воздуха автомобильным транспортом, уточнении моделей движения, выброса и концентрации вредных веществ от потоков автотранспорта на городских магистралях, обосновании рациональных параметров и разработке рекомендаций транспортно-планировочных решений при развитии и реконструкции улично-дорожной сети городов.

Полученная в результате теоретических и экспериментальных исследований математическая модель "ездового цикла" отличается от известных уточнёнными и скорректированными значениями характеристик движения автомобилей на различных фазах проезда и применением дифференцированного подхода к определению скорости потока в зависимости от транспортных и планировочных характеристик магистрали, интенсивности и состава потока, условий проезда и уровня организации движения.

При определении массы выброса вредных веществ потоком автотранспорта более полно и детально учитываются интенсивность и скорость движения, состав потока, планировочные характеристики магистрали, система организации и регулирования движением на перекрёстках.

Практическая ценность. Выполненные исследования имеют методический и практический характер:

- разработанная методика анализа улично-дорожной сети города и полученные рекомендации по определению рациональных параметров транспортно-планировочных характеристик и уровня организации движения на городских магистралях с учётом фактора загазованности позволяют повысить эффективность и качество проектных решений развития и реконструкции сети, а также наметить и обосновать мероприятия, направленные на улучшение состояния окружающей среды в городах;

- предложенный комплекс моделей даёт возможность решать широкий круг задач, связанных с определением фактического состояния и прог-

нозированием уровня загазованности атмосферного воздуха автомобильным транспортом, оценкой влияния планировочных характеристик и системы управления транспортными потоками на изменение загазованности улично-дорожной сети города.

Реализация работы. Научные результаты, полученные в диссертации, были использованы институтом "Челябинскгражданпроект" при разработке "Проекта размещения строительства в городе Челябинске на 12 пятилетку" в разделах "Развитие транспорта и магистральной сети города" и "Охрана окружающей среды", институтом "Челябгипромез" при разработке раздела "Оценка уровня загазованности улично-дорожной сети от движущегося транспорта и мероприятия по его снижению", входящего в состав "Комплексной схемы охраны природы Челябинской области на период до 2000 года".

Отдельные положения диссертационной работы использованы при выполнении и внедрении научных разработок кафедры градостроительства Челябинского политехнического института по оценке влияния АСУ дорожным движением на состояние окружающей среды, расчёту предельно допустимого выброса от автотранспорта на городских магистралях, обоснованию транспортно-планировочных показателей магистральной сети города при проектировании АСУД, при разработке и составлении "Временной методики нормирования выбросов автотранспорта в атмосферу" (Госкомгидромет) и "Методических указаний по определению воздействия транспортных потоков на окружающую среду" (ВНИИБД).

Апробация работы. Основные положения диссертации докладывались на научно-технических конференциях ЧПИ (1979, 1983, 1984 г.г.), семинарах "Город-транспорт-человек" (1982, 1984 г.г.) и "Город и окружающая среда" (1983, 1985 г.г.), зональной конференции "Комплексная схема охраны природы городов и областей" (1984г.), проходивших в г. Челябинске, республиканской научно-технической конференции в г. Вильнюсе (1980 г.), II Всесоюзной научно-технической конференции "Комплексное развитие автомобильного транспорта крупных городов на примере г. Москвы" в г. Москве (1981 г.), IV республиканской научно-технической конференции в г. Таллине (1982 г.).

Публикации. Результаты исследований опубликованы в 10 печатных работах, в которых отражено основное содержание диссертации.

На защиту выносятся следующие основные положения:

- комплекс математических моделей, позволяющий в зависимости от конкретных транспортно-планировочных характеристик магистрали и уровня организации движения описать закономерности движения потоков

автомобилей, с последующим определением выброса вредных веществ и загазованности атмосферного воздуха на магистрали;

- результаты экспериментально-теоретических исследований влияния транспортных и планировочных характеристик магистральной уличной сети на закономерности городского движения и уровень загрязнения атмосферного воздуха автомобильным транспортом;

- методика анализа и оценки улично-дорожной сети города с учётом загазованности атмосферного воздуха автомобильным транспортом и рекомендации по обоснованию транспортно-планировочных решений и уровня организации движения при развитии и реконструкции магистральной уличной сети городов.

Объём работы. Объём диссертации 190 страниц, в том числе 122 страницы текста, 14 таблиц, 27 рисунков, 16 страниц библиографии, включающей 132 наименования. Диссертация состоит из введения, четырёх глав, основных выводов, библиографии и приложения.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Структура диссертации определялась характером и последовательностью решения задач исследования. Во введении обосновывается актуальность темы и приводится общая характеристика работы. В первой главе анализируется состояние изучаемого вопроса, формулируются цель и задачи исследования. Во второй главе приведены постановка задач и их взаимосвязь, выбор метода решения, а также методика и предварительный анализ данных натурных обследований. Третья глава посвящена разработке комплекса математических моделей, описывающих закономерности движения транспортного потока (ТП), величину выброса вредных веществ и их концентрации в приземном слое воздуха на участках городских магистральных улиц, с учётом транспортно-планировочных характеристик, градостроительных показателей прилегающей застройки и метеофакторов. Приведены результаты экспериментальной проверки теоретических предпосылок к применению этих моделей. В четвёртой главе содержатся результаты анализа влияния транспортно-планировочных характеристик на уровень загазованности магистралей города и даны рекомендации по определению рациональных значений этих характеристик (с учётом фактора загазованности) при разработке проектных решений по развитию и реконструкции улично-дорожной сети (УДС) городов на различных стадиях градостроительного проектирования. Отражено практическое применение результатов исследования.

Существенное влияние на количество выбрасываемых в атмосферу вредных веществ отработавших газов автомобилей оказывают характеристики ТП: интенсивность, состав и скорость движения, время работы двигателей на различных режимах. В свою очередь, соотношение этого времени в значительной мере зависит от планировочно-градостроительных характеристик города и транспортно-эксплуатационных показателей УДС, уровня и условий организации движения и других факторов.

Основной особенностью данной работы является комплексный подход к проблеме изучения влияния транспортно-планировочных характеристик УДС на уровень загазованности воздуха городских магистральных улиц (рис. I.).

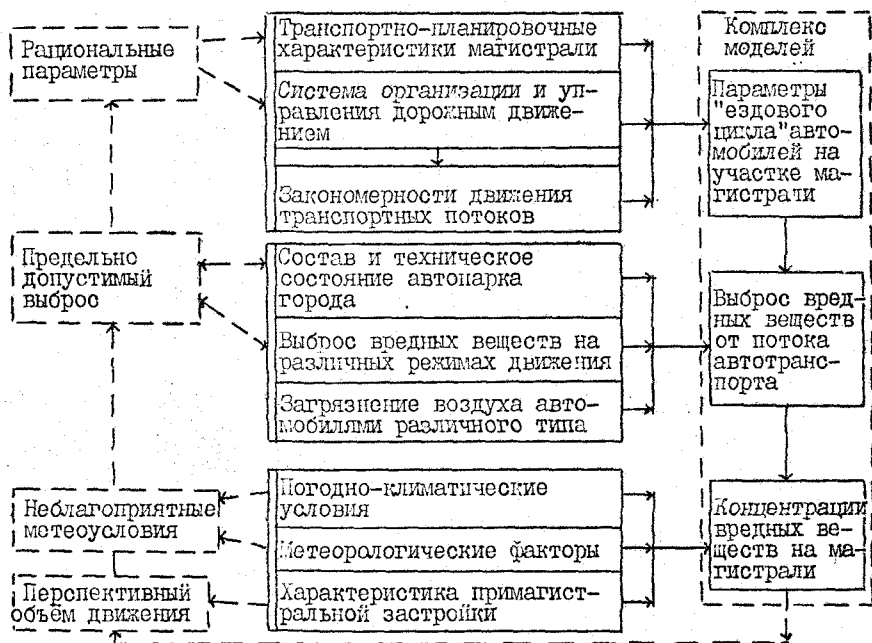


Рис. I. Структурная схема исследования

Несмотря на значительный объем публикаций, посвященных исследованиям закономерностей и характеристик ТП, влияние городских условий движения на соотношение времени работы автомобилей на различных режимах, определяющее количественный и качественный состав выбрасываемых в атмосферу вредных веществ, остаётся малоизученным. Прове-

данные автором исследования некоторых закономерностей движения ПП позволили уточнить и скорректировать слагаемые общих затрат времени при проезде участка магистрали и разработать модифицированную математическую модель, описывающую отдельные фазы движения.

На основании данных натуральных обследований были получены эмпирические формулы для определения среднего времени разгона и торможения в зависимости от скорости установившегося движения на перегоне, использование которых позволяет на 15...45% повысить точность определения этих характеристик по сравнению с традиционно принятыми в транспортно-градостроительных расчётах равноускоренным или равнозамедленным движением.

Приведённые в диссертации формулы по определению среднего времени и пути разгона и торможения, доли остановленных и притормаживающих автомобилей, среднего времени остановки у перекрёстка позволили записать в общей форме аналитическое выражение для определения слагаемых общих затрат времени на проезд. С целью упрощения и возможности дальнейшего анализа был поставлен и реализован на ЭВМ вычислительный эксперимент при различных значениях и наборах исходных данных. Результаты эксперимента показали, что при вариации скорости \bar{V} от 7 до 17 м/с (25...60 км/ч) среднее время проезда участка легковым (грузовым) автомобилем $\bar{t}_{\text{м.л.}(r)}$ с достаточной точностью (максимальная относительная ошибка $\epsilon_{\text{max}} = \pm 5...7\%$) описывается выражением

$$\bar{t}_{\text{м.л.}(r)} = \delta_0 (A_{\text{л.}(r)} + B_{\text{л.}(r)} \bar{V}_{\text{л.}(r)} + \bar{t}_0) + L_n / \bar{V}_{\text{л.}(r)}, \quad (I)$$

где δ_0 - доля останавливаемых автомобилей; $\bar{V}_{\text{л.}(r)}$ - средняя скорость установившегося движения на перегоне потока легковых (грузовых) автомобилей, м/с; \bar{t}_0 - среднее время остановки, с; L_n - длина перегона, м; $A_{\text{л.}(r)}$, $B_{\text{л.}(r)}$ - коэффициенты (табл. I).

Таким образом, от величины $\bar{V}_{\text{л.}(r)}$ существенным образом зависит время работы автомобиля на различных фазах движения и общее время проезда. Учитывая трудности, связанные с проведением натуральных обследований, а также невозможность экспериментальной оценки скоростей на стадии проектирования, в диссертации приведён расчётный метод, позволяющий определять значения скорости установившегося движения ПП в зависимости от транспортно-планировочных и эксплуатационных характеристик участка магистрали и параметров регулирования. Полученная величина коэффициента детерминации ($r^2 = 0,89$) между расчётными и фактическими значениями $\bar{V}_{\text{л.}(r)}$ для 102 участков УДС г. Челябинска подтверждает возможность использования расчётного метода.

Для определения средней скорости установившегося движения потока легковых \bar{V}_L и грузовых \bar{V}_G автомобилей предлагается использовать эмпирическую формулу:

$$\bar{V}_{L(G)} = \bar{V} [1 \pm 0,24 (1 - \Delta_{L(G)}) (1 - Z)] , \quad (2)$$

где \bar{V} - средняя скорость установившегося движения ТП; $\Delta_{L(G)}$ - доля легковых (грузовых) автомобилей в потоке; Z - коэффициент загрузки. Совокупный коэффициент корреляции (2) составляет: $R_L = 0,94$ и $R_G = 0,98$.

Проверка разработанной модели движения в различных условиях показала, что расчётные значения $\bar{V}_{L(G)}$ хорошо согласуются с данными натурных обследований ($\epsilon_{max} = \pm 7...12\%$).

При оценке воздействия автотранспорта на окружающую городскую среду ТП принято рассматривать как линейный источник выброса. Расчётная концентрация в приземном слое воздуха j -го загрязняющего вещества C_j (mg/m^3), выбрасываемого с отработавшими газами автомобилей, для расчётной точки, находящейся на расстоянии x (м) от линейного источника выброса составляет:

$$C_j = \alpha \psi Q_j \exp\{-H/\rho x\} / 4,1 \rho x , \quad (3)$$

где α - коэффициент, учитывающий влияние этажности прилегающей застройки;

ψ - коэффициент, учитывающий влияние порывистости ветра и непостоянство его направлений на изменение концентраций;

Q_j - интенсивность выделения j -го вещества линейным источником, $mg/m \cdot s$;

ρ - безразмерный коэффициент, зависящий от вертикальной турбулентной диффузии;

H - высота источника выброса над уровнем земли, м;

U_p - расчётная скорость ветра, м/с;

A - коэффициент "ажурности", учитывающий влияние плотности застройки на кратность обмена воздуха на магистрали.

При определении Q_j от потока автомобилей расчёт производится по основному токсичному компоненту выхлопных газов - окиси углерода (СО), с последующим пересчётом других компонентов. Разнородный ТП, движущийся в одном направлении по рассматриваемому участку магистрали, рекомендуется приводить к потоку, состоящему из двух типов расчётных автомобилей - легковых (РЛА) и грузовых (РГА):

$$N_{РЛА(РГА)} = \sum_{i=1}^n K_{Pi} \cdot N_i , \quad (4)$$

где $N_{PAA(PGA)}$ - интенсивность движения PAA или PGA; N_i - фактическая интенсивность движения транспортных средств i -го типа; $K_{пр.i}$ - коэффициент приведения к PAA или PGA (табл.2); r - количество типовых групп транспортных средств.

Интенсивность выброса CO на заданном направлении движения рассматриваемого участка магистрали составит:

$$Q^{CO} = q_{PAA}^{CO} N_{PAA} + q_{PGA}^{CO} N_{PGA} \quad (5)$$

где $q_{L(r)}^{CO}$ - удельный пробеговый выброс CO, т.е. масса выброса на единицу длины пути от одного автомобиля расчетного типа на участке магистрали, включающем в себя перегон и перекресток, г/км.

Для определения $q_{L(r)}^{CO}$ использовалась разработанная модель движения ("ездового цикла") и расчетный метод определения выброса CO, основанный на динамических характеристиках автомобилей и теории образования токсичных веществ в отработавших газах при сгорании топливной смеси (В.Ф.Скорченко, Я.В.Хомяк):

$$q_{L(r)}^{CO} = \left\{ 10^3 \delta_0 [C_{L(r)} \bar{V}_{L(r)} + D_{L(r)} + E_{L(r)} t_4 (1-\lambda)] / L_n + E_{L(r)} / \bar{V}_{L(r)} + \theta_{L(r)} \right\} \bar{P}_{R_{L(r)}}^{CO} \quad (6)$$

где t_4 - длительность цикла регулирования, с; λ - эффективная доля "зелёной" фазы; $\bar{P}_{R_{L(r)}}^{CO}$ - произведение коэффициентов, учитывающих влияние n факторов на изменение выброса CO, в зависимости от особенностей эксплуатации автомобилей.

Значения коэффициентов $C_{L(r)}$, $D_{L(r)}$, $E_{L(r)}$, $\theta_{L(r)}$, $\bar{P}_{R_{L(r)}}^{CO}$ приведены в табл. I.

В результате обработки данных натурных обследований были получены уравнения регрессии, показывающие, что основными транспортно-планировочными характеристиками, влияющими на величину $q_{L(r)}^{CO}$, являются длина перегона L_n и скорость сообщения V_c :

$$q_{L(r)}^{CO} = 10^3 [a_{L(r)} V_c L_n + b_{L(r)} L_n + c_{L(r)} V_c L_n] \bar{P}_{R_{L(r)}}^{CO} \quad (7)$$

где $a_{L(r)}$, $b_{L(r)}$, $c_{L(r)}$ - коэффициенты (табл. I).

Уравнение (7) получено при $L_n = 0,14 \dots 2,9$ км, $V_c = 18 \dots 48$ км/ч. Коэффициент детерминации $r^2 = 0,85 \dots 0,91$, а $\epsilon_{max} = \pm 7 \dots 10\%$ при сравнении с (6).

Учитывая влияние на V_c длины перегона и уровня организации движения в транспортных узлах, значения $q_{L(r)}^{CO}$ можно ориентировочно ($\epsilon_{max} = \pm 20 \dots 25\%$) рассчитывать по формуле (8):

Таблица 1

Значения коэффициентов в формулах (1), (6), (7), (8)

Тип расчёт- ного авто- мобиля	Коэффициенты в формулах													
	(1)	(6)			(7)			(8)						
	A	B	C	D	E	F	G	a	b	c	d	e	f	g
Легковой (РЛА)	2,2	0,9	0,614	-2,74	0,041	18,9	9,65	1,0	6,7	-0,62	12	3,55	0,23	
Грузовой (РГА)	0	2,2	2,36	-7,5	0,128	-168	49,8	0,575	16,7	-0,145	45	9,25	0,37	

Таблица 2

Коэффициенты приведения $K_{пр}$ к автомобилям расчётного типа по выбору С0

Тип рас- чётног автомоби- ля	Тип транспортного средства													
	Мото- цикл	Легковой автомо- биль	Грузовой автомо- биль	Грузовой автобус	Грузовый автомобиль грузоподъёмностью, т	Автобус пассажиромес- тностью	Автомобиль с микро-мелко- литраж	средне- до 2	5...10	10... 15	свыше 15	особо малой	сред- ней	большой
Легковой (РЛА)	0,25	0,7	1,0	1,4	1,5	-	-	-	-	-	-	1,4	-	-
Грузовой (РГА)	-	-	-	-	1,0	1,85	2,25	2,5	-	-	-	-	1,0	1,85

Примечание. Для автомобилей и автобусов с дизельными и газовыми двигателями $K_{пр}$ следует умножать на 0,14.

$$q_{\lambda(r)}^{CO} = [\alpha_{\lambda(r)} + \mu(\beta_{\lambda(r)} + \gamma_{\lambda(r)}m)/L_n] \prod R_{n,\lambda(r)}^{CO}, \quad (8)$$

где m - число полос движения в одном направлении ($m = 2 \dots 4$); μ - параметр, характеризующий уровень организации движения в транспортных узлах (изменяется от 1 при регулируемом движении до 0 при непрерывном движении); $\alpha_{\lambda(r)}$, $\beta_{\lambda(r)}$, $\gamma_{\lambda(r)}$ - коэффициенты (табл. I).

Анализ полученных уравнений показывает, что повышение скорости сообщения на 10% приводит к снижению величины $q_{\lambda(r)}^{CO}$ на 5...7% при $L_n = 0,2$ км и на 2...3% при $L_n = 0,8$ км, а увеличение длины перегона с 0,2 до 0,4 км приводит к снижению выброса CO на 30...40% при одновременном повышении V_c на 30...35%.

Таким образом, основные резервы уменьшения выброса вредных веществ, в особенности CO и C_nH_m , заключаются в снижении плотности УДС и повышении скорости сообщения за счёт рациональной организации движения, применения систем управления движением транспорта, улучшения дорожных условий на магистралях. Значимость мероприятий по организации и регулированию дорожного движения существенно возрастает при высокой плотности сети. Так, при $L_n = 0,2 \dots 0,3$ км уменьшение количества остаивавшихся автомобилей вдвое (например, в результате внедрения АСУД) по сравнению с количеством остаивавшихся автомобилей при жёстком, изолированном регулировании приводит к снижению выброса на 25...35%, а при длине перегона 0,6...0,7 км эффект снижения выброса почти в два раза меньше.

Предлагаемые формулы (6), (7) и (8) различаются как точностью расчётных значений $q_{\lambda(r)}^{CO}$, так и количеством входящих параметров, а также объёмом и трудоёмкостью получения необходимой информации. Рекомендуется следующее их использование для оценки проектных решений на различных стадиях проектирования: (6) - при выполнении проектов детальной планировки жилых районов, (7) - для комплексных транспортных схем городов, (8) - на стадии проектирования генплана города или при разработке территориальных комплексных схем охраны природы.

Для проверки теоретических положений о выделении расчётных групп автомобилей, величине выброса CO и концентраций в заданных точках были проведены комплексные исследования загазованности воздуха городских улиц Челябинска и Алма-Аты. В диссертации изложена методика определения характеристик ТП, отбора проб воздуха и других показателей. Анализ проб проводился на оптико-акустическом газоана-

лизаторе ПМ-3. Обработка данных показала хорошее соответствие расчётных и фактически полученных значений концентрации (среднеквадратическая ошибка $\sigma_c = \pm 0,18 \text{ мг/м}^3$). Предлагаемый метод позволяет на 30...50% повысить точность определения расчётных концентраций по сравнению с методом расчёта, принятым в практике градостроительного проектирования*).

В старых районах крупных городов со сложившейся застройкой и существующей планировочной структурой существенный вклад в снижение уровня загазованности могут внести организационно-планировочные мероприятия, направленные на совершенствование транспортно-планировочных характеристик магистралей, улучшение организации движения, изменение количественного и качественного состава ТП. Реализация тех или иных мероприятий требует привлечения различных затрат и обладает различным эффектом снижения уровня загазованности. В диссертационной работе приведены данные технико-экономического сравнения различных вариантов транспортно-планировочных решений при развитии и реконструкции УДС, рассчитанные по укрупнённым показателям необходимых капиталовложений и эксплуатационных расходов, что позволяет ориентировочно определить величину дополнительных приведённых затрат и оценить их экологическую эффективность.

Уменьшение плотности УДС с 8...12 км/км² до 2...3 км/км² приводит к существенному (до 45%) снижению величины $q_{\text{Л}(C)}$. Однако при этом необходимо учитывать увеличение объёма транспортного движения на магистралях и соответствующий рост мощности выброса от ТП. Установлено, что при условно постоянной величине транспортной работы на единице площади городской территории увеличение среднего расстояния между перекрёстками в 3...4 раза (по сравнению с $L_n = 0,2 \text{ км}$) приводит к уменьшению зон повышенной концентрации СО на 20...30%, а увеличение L_n свыше 1,2 км может привести к относительному росту площади этих зон. Рациональные значения L_n находятся в пределах 0,8...1,2 км.

Проведён сравнительный анализ влияния основных планировочных схем построения сети магистральных улиц на уровень загазованности городской территории. Результаты анализа показали незначительное влияние схемы сети на $q_{\text{Л}(C)}$ (в среднем по городу). Однако существенным недостатком радиально-кольцевой схемы планировки является

*) Справочник проектировщика: Градостроительство. — М.: Стройиздат, 1978, с. 54-55.

большая доля внутригородского транзита в центральной зоне, что вызывает повышенную концентрацию ПИ на небольшой территории. В свою очередь повышенная плотность сети и большое количество пересечений в этой зоне увеличивает пробеговый выброс каждого автомобиля. Совместное влияние этих двух факторов приводит к повышению уровня загазованности центральной зоны города в 3...5 раз по сравнению с прямоугольными схемами планировки сети.

В диссертации показана методика определения предельно допустимого выброса. Предложено значение предельного пробегового выброса от одного расчётного автомобиля, полученное на основе анализа транспортно-планировочных характеристик магистралей, санитарно-гигиенических нормативов и ориентировочных значений поверхностной плотности автомобильного движения в различных зонах городов с разной численностью населения. Использование этой методики позволяет не только рассчитывать допустимый выброс от автомобилей, но и решать обратную задачу - по известным значениям предельно допустимого выброса и транспортно-планировочным показателям УДС определять рациональные условия движения автотранспорта в городах (необходимый уровень организации движения и характеристики ПИ). Получена закономерность перспективных изменений транспортно-планировочных характеристик магистральной уличной сети с учётом фактора загазованности для городов с различной численностью населения (табл.3).

Практическое применение методики оценки влияния транспортно-планировочных характеристик УДС города на выброс вредных веществ потоками автотранспорта при разработке раздела, входящего в "Комплексную схему охраны природы Челябинской области на период до 2000 года", позволит за счёт предложенных мероприятий по совершенствованию планировочных характеристик магистралей, рациональной организации транспортного процесса в г. Челябинске и ряда других технических и природоохранных мер предотвратить экономический ущерб от автомобильных выбросов к 2000 году на сумму 14111,5 тыс.руб. с ожидаемым годовым экономическим эффектом от внедрения этих мероприятий в размере 423,3 тыс.руб.

Даны рекомендации по применению представленных в диссертационной работе методических принципов анализа транспортно-планировочных характеристик УДС города с учётом фактора загазованности:

I. Для участков улиц со сложившейся застройкой - определение расчётных значений выброса и концентраций и расчёт предельно допус-

Таблица 3

Рекомендуемый уровень организации движения на магистралях
(при уровне автомобилизации 160...170 авт/1000 жит. и
плотности сети 2...3 км/км²)

Население города, тыс. чел.	Средняя ширина магистральных улиц, м	Поток автомобилей в час пик на магистрали, авт/ч	Интервалы значений <i>М_{рац.}</i>	Характеристика транспортно-планировочного решения и уровня организации движения
100...250	40...50	0,35...0,50	1,0	Саморегулируемое движение или некоординированное регулирование ТП с интенсивностью в одном направлении (<i>N_{нап.}</i>) до 750 ед/ч
500...750	45...65	0,60...0,75	1,0... 0,85	Координированное регулирование системами линейного или магистрального типа (при <i>N_{нап.}</i> > 1500 ед/ч целесообразно применение АСУД)
1000... 2500	60...85	0,85...1,15	0,95... 0,40	Регулируемое движение с применением АСУД (при <i>N_{нап.}</i> > 2500 ед/ч организация непрерывного движения на отдельных магистралях)
5000... 7500	75...100	1,65...2,20	0,25... 0,0	Непрерывное движение на всех загородских магистралях с пересечением в разных уровнях и использование подземного пространства при <i>N_{нап.}</i> > 4000 ед/ч

тимой по условиям загазованности интенсивности движения; оценки влияния внедрения мероприятий по совершенствованию условий движения или применения газозащитных мероприятий. Примеры таких расчетов показаны на рис. 2.

2. Для прогнозирования уровня загазованности в новой или реконструируемой застройке при градостроительной оценке вариантов проектных решений на стадии проекта детальной планировки жилых районов. Для построения карт загазованности рекомендуется определять значения выброса и концентраций в расчетных точках поперечного профиля улицы.

3. При обосновании развития и реконструкции УДО на стадии раз-

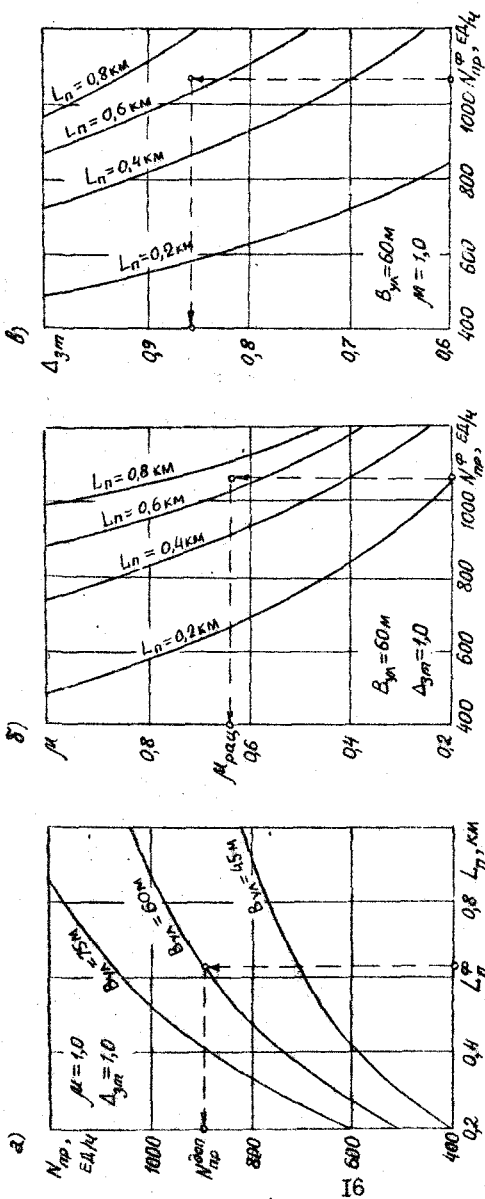


Рис. 2. Определение предельно допустимой интенсивности (а), рационального уровня организации движения (б) или эффективности газозащитных мероприятий (в) на участке магистрали при $L_{пр}^{\phi} = 0,63$ км; $v_{ин} = 60$ м; $N_{пр}^{\phi} = 1050$ ЕД/ч; $m = 3$; $A = 0,89$; $\alpha = 0,65$ (7...9 этажей); $\mu_p = 1$ м/с

работки генплана города - для оценки вариантов проектных решений с учётом показателя уровня загазованности воздуха автотранспортом. Результатами расчёта должны быть карты загазованности основных транспортных магистралей.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

1. Анализ факторов, влияющих на уровень загазованности городских магистралей автомобильным транспортом, показывает, что их отличительной особенностью является сложность взаимосвязей и широкий спектр возможного воздействия на состояние окружающей среды городов, что обуславливает необходимость комплексного решения вопросов. Разработанный в диссертации иерархический комплекс математических моделей, описывающих закономерности городского движения транспортных потоков с последующим определением выброса вредных веществ и загазованности воздуха городских магистралей, позволяет оценить состояние загрязнения атмосферного воздуха, а также выбрать и обосновать эффективность мероприятий, направленных на снижение уровня загазованности.

2. Теоретические и экспериментальные исследования позволили разработать модифицированную математическую модель движения транспортного потока, основанную на уточнённых и скорректированных значениях характеристик, описывающих отдельные фазы проезда автомобиля участка магистрали. Установлено, что среднее время проезда участка в основном зависит от длины перегонов, параметров работы светофоров и средней скорости установившегося движения. Для определения последней предложен аналитический метод, позволяющий рассчитывать среднее значение скорости в зависимости от транспортных, планировочных и эксплуатационных характеристик участка магистрали и параметров регулирования движения. Средняя относительная ошибка расчёта по модели составляет $\pm 3...5\%$.

3. Разработана методика расчёта выброса вредных веществ от потока движущихся автомобилей и их концентраций в приземном слое воздуха на участке городской магистрали, учитывающая комплекс транспортно-планировочных характеристик, градостроительных показателей и метеорологических факторов. Показана необходимость выделения двух расчётных групп транспортных средств при определении масс выброса от потока автомобилей. Получены коэффициенты для приведения разнородного ПП к потоку, состоящему из двух групп расчётных

автомобилей. Проведённые натурные замеры показали, что предложенная методика по сравнению с принятой в практике градостроительного проектирования позволяет на 30...50% повысить точность расчёта загазованности городских магистралей.

4. По результатам исследования влияния транспортно-планировочных характеристик магистральных улиц (средней длины перегонов, уровня загрузки и количества полос движения, скорости сообщения, системы регулирования и условий организации движения в транспортных узлах) получены формулы для определения удельного пробегового выброса окиси углерода и даны рекомендации по их использованию для решения практических задач на различных стадиях градостроительного проектирования в зависимости от объёма, вида и характера необходимой информации.

Для целей долгосрочного прогнозирования уровня загазованности определена величина предельно допустимого пробегового выброса от одного расчётного автомобиля в зависимости от транспортно-планировочных характеристик и градостроительных показателей застройки в различных зонах городов с населением от 250 до 2500 тыс. жителей.

5. Проведённые в диссертации исследования влияния плотности сети улиц на площадь примагистральной территории, имеющей повышенный уровень загазованности, показали, что с этих позиций рациональная плотность составляет 2...3 км/км², что свидетельствует о целесообразности разуплотнения УДС и концентрации автомобильного движения на транспортных магистралях. При одинаковой плотности сети планировочная схема магистралей незначительно отражается на величине среднего показателя экологической нагрузки - пробегового выброса от одного автомобиля. Однако высокая плотность сети и большой процент транзита в центральной зоне при радиально-кольцевой схеме планировки приводит к повышению уровня загазованности улиц в этой зоне в 3...5 раз по сравнению с прямоугольными схемами.

6. Установлено, что влияние изменения транспортно-планировочных и эксплуатационных показателей УДС на снижение уровня загазованности воздуха городских магистралей и прилегающей застройки не равнозначно и зависит от плотности сети. В частности, улучшение организации движения, снижение задержек транспорта на перекрёстках и повышение равномерности движения наиболее эффективны при высокой плотности сети (8...12 км/км²) в условиях сложившейся застройки. При этом экологическая эффективность дополнительных затрат, направ-

ляемых на развитие сети улиц, существенно возрастает при повышении уровня организации движения и обеспечении безостановочного проезда транспортных узлов. В условиях нового строительства при плотности сети 2...4 км/км² одним из возможных путей снижения уровня загазованности воздуха является рациональное сочетание характеристик движения ТП (интенсивность, состав, скорость) с конструктивно-планировочными приёмами застройки, позволяющее ограничить объём и состав выхлопных газов (предельно допустимый выброс) в определённых условиях их рассеивания.

7. Получена закономерность изменения транспортно-планировочных характеристик магистральной уличной сети для городов с различной численностью населения при перспективных размерах уличного движения. Разработаны рекомендации по определению рационального уровня организации движения и характеристик ТП на городских магистралях с учётом фактора загазованности атмосферного воздуха автомобильным транспортом. Использование соответствующих показателей транспортно-планировочных решений в проектах генеральных планов городов разных размеров позволит не только повысить качество транспортного процесса, но и существенно улучшить состояние окружающей среды в городах.

8. Целесообразность применения в проектной практике методики анализа транспортно-планировочных характеристик с учётом фактора загазованности обоснована на примере г. Челябинска. Снижение экономического ущерба от загазованности атмосферы крупнейшего города, которое может быть получено в результате реализации мероприятий по развитию сети магистральных улиц и совершенствования её транспортных, планировочных и эксплуатационных показателей, а также применения ряда других технических и природоохранных мероприятий, составляет 8...10 тыс. руб./год на тысячу жителей. Практическое применение разработанных методов расчёта выброса и концентрации вредных веществ на городских магистралях от потока движущегося автотранспорта при решении конкретных задач доказывает возможность и целесообразность их использования градостроительными организациями, органами ГАИ, СЭС и метеослужб.

Основные положения диссертации опубликованы в следующих работах.

1. Городские улицы, дороги и транспорт: Учебное пособие. ч. II/Игнатьев Ю.В., Вальс В.К., Костин А.М. - Челябинск: ЧИИ, 1977. - 77 с.
2. Костин А.М. Исследование режимов движения транспорта на городских магистралях. - В кн.: Вопросы улучшения окружающей среды: Тематич. сб. научн. трудов/ Челяб. политехн. ин-т. Челябинск, 1982, с. 82-91.

3. Костин А.М. Исследование влияния режимов движения автомобильного транспорта на выброс вредных веществ в атмосферу.- В кн.: Город-транспорт-человек: Тез. докл. науч.-техн. семинара. Челябинск: УДНТИ, 1982, с.32-33.
4. Костин А.М. Влияние транспортно-планировочных показателей магистральной сети города на выброс вредных веществ в атмосферу от потока автотранспорта.- В кн.: Город и окружающая среда: Тез. докл. семинара. Челябинск: УДНТИ, 1983, с.21-22.
5. Костин А.М. Расчётный метод определения скоростей движения на городских магистралях.- В сб.: Современное состояние и тенденции развития больших городов в СССР и за рубежом. Экспресс-информация: МПЦНТИ, вып.7.- М., 1984.- 6 с.
6. Леонтьева К.С., Игнатьев Ю.В., Костин А.М. Расчёт концентраций вредных веществ от автотранспорта с учётом комплекса факторов. В кн.: Город-транспорт-человек: Тез. докл. науч.-техн. семинара. Челябинск: УДНТИ, 1984, с.36-37.
7. Игнатьев Ю.В., Леонтьева К.С., Костин А.М., Полукаров В.М. Расчёт и нормирование загазованности воздуха городских магистралей от автотранспорта.- В сб.: Современное состояние и тенденции развития больших городов в СССР и за рубежом. Экспресс-информация: МПЦНТИ, вып.9.- М., 1984.- 7 с.
8. Леонтьева К.С., Костин А.М., Игнатьев Ю.В. Анализ загазованности воздуха выбросами автотранспорта в городах.- В кн.: Комплексная схема охраны природы городов и областей: Тез. докл. зональной конф. Челябинск: УДНТИ, 1984, с.27.
9. Игнатьев Ю.В., Леонтьева К.С., Костин А.М. Расчёт загазованности атмосферного воздуха выхлопными газами автотранспорта.- Челябинск: УДНТИ, ЧПИ, 1985.- 16 с.
10. Костин А.М., Сибрикова М.А. Методика расчёта ожидаемого уровня загрязнения атмосферного воздуха выбросами автотранспорта.- В сб.: Город и окружающая среда: Тез. докл. семинара. Челябинск: УДНТИ, 1985, с.19-20.

М.С.

Костин Александр Михайлович

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТРАНСПОРТНО-ПЛАНИРОВОЧНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК
УЛИЧНО-ДОРОЖНОЙ СЕТИ ГОРОДА С УЧЕТОМ ФАКТОРА ЗАГАЗОВАННОСТИ
АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА АВТОМОБИЛЬНЫМ ТРАНСПОРТОМ**

**18.00.04.- Градостроительство, районная планировка,
ландшафтная архитектура и планировка
сельскохозяйственных населенных мест**

**Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук**

Подписано к печати 21.01.86. . ФБО6018. Формат 60x90 1/16. Печ. л. 1,25.
Уч.-изд. л. 1. Тираж 100 экз. Заказ 57/119.

УОП ЧИ. 454044, г. Челябинск, пр. им. В.И. Ленина, 76.