

На правах рукописи



БАНАТОВ АНАТОЛИЙ ВАСИЛЬЕВИЧ

ОЦЕНКА БЕЗОПАСНОСТИ ДВИЖЕНИЯ В ГОРОДСКИХ УСЛОВИЯХ

05.23.11 – Проектирование и строительство дорог, метрополитенов,
аэродромов, мостов и транспортных тоннелей

А в т о р е ф е р а т

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Волгоград – 2002

Работа выполнена в Волгоградской государственной архитектурно-
строительной академии

- Научный руководитель - доктор технических наук, профессор
Сильянов Валентин Васильевич
- Официальные оппоненты - доктор технических наук, профессор
Боровик Виталий Сергеевич
- кандидат технических наук, доцент
Ивасик Дмитрий Владимирович
- Ведущая организация - ОАО «Волгоградгражданпроект»

Защита состоится: 24 октября 2002 года в 10 часов
на заседании диссертационного совета К.212.026.02 в Волгоградской
государственной архитектурно-строительной академии по адресу:
400074 г. Волгоград, ул. Академическая, 1, ауд. В-207.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Волгоградской
государственной архитектурно-строительной академии. Отзывы на
автореферат в двух экземплярах с подписью, заверенной печатью
организации, просим направлять в адрес диссертационного совета

Автореферат разослан: 24 сентября 2002 года

Ученый секретарь диссертационного совета:
кандидат технических наук



Казначеев С. В.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. Проблема обеспечения безопасности движения на дорогах и улицах города привлекает большое внимание во всех странах в связи со значительными жертвами и материальными потерями при дорожно-транспортных происшествиях (ДТП).

В странах СНГ эта проблема приобретает особое значение, так как перестройка экономики привела к резкому изменению состава транспортных потоков. В структуре этих потоков появились тысячи автомобилей иностранного производства, технические возможности которых значительно отличаются от отечественных. Одновременно в число участников движения включается большое число водителей, не располагающих большим опытом управления в условиях интенсивного городского движения. Наконец, сложившаяся улично-дорожная сеть и ее эксплуатационное состояние оказались не соответствующими требованиям современного состава транспортных потоков. Все это повлекло увеличение сложности условий движения и, как следствие, увеличение числа ДТП.

Ежедневно на дорогах России происходит более 500 происшествий, в которых гибнет более 100 человек, и более 600 человек получают ранения. В ДТП попадает большое количество детей. Так, только в 1999 году в ДТП попало 22024 детей, 1608 из них погибли, а около 3000 стали инвалидами.

В России количество погибших в ДТП, в пересчете на число автомобильного парка и авт./км пробега, в 5 - 10 раз больше, чем в странах Европы. Потери от ДТП составляют более миллиарда американских долларов в год.

Более 50 % ДТП происходит в городах и в зонах застройки. Тяжесть происшествий в этих местах в 2 раза выше, чем на внегородских дорогах.

В соответствии с заданием Министерства транспорта Российской Федерации, НИИАТ, совместно с МАДИ-ТУ, РосдорНИИ, НАМИ и др. организациями была разработана Концепция и программа повышения безопасности дорожного движения на период до 2010 года. Специальный раздел этой программы посвящен организации и управлению дорожным движением в больших городах.

Организация и управление дорожным движением предусматривает совершенствование улично-дорожной сети с позиций безопасности и повышения эффективности использования транспортных средств. Решение этой проблемы требует научно обоснованных методов оценки безопасности движения в городских условиях, имеющих прогностический смысл. Существующие же методы оценки безопасности движения базируются на ретроспективном анализе количества ДТП в конкретных дорожных условиях и дают значительные ошибки при решении проектных задач. Поэтому совершенствование существующих и создание новых методов оценки безопасности дорожного движения, позволяющих подойти к прогнозированию ДТП на стадии проектирования дорог и улиц города, чрезвычайно актуально.

РОС. НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ЦЕНТР
СИТЕТЕРОВСКОГО
2004 г.

Связь работы с научными программами, планами, темами. Работа выполнялась в рамках Федеральной Программы «Повышение безопасности движения на дорогах России на период 1996 - 1998 г.г.».

Цель и задачи исследования. Целью настоящего исследования является: разработать экспресс-метод оценки безопасности дорожного движения для городских условий на базе моделей, выявленных закономерностей и системы ранжирования показателей сложности взаимодействия участников движения.

Для достижения этой цели решались следующие задачи:

1. Обосновать необходимость разработки экспресс-метода оценки безопасности дорожного движения в городских условиях для существующих и проектируемых дорог.
2. Разработать модель функционального состояния водителя, как функции вероятности удержания заданной скорости движения и параметров сложности взаимодействия участников дорожного движения.
3. Выявить закономерности распределения характеристик функционального состояния водителей и условий движения по городским улицам и дорогам.
4. Разработать иерархическую систему ранжирования показателей сложности взаимодействия участников дорожного движения в городских условиях и осуществить экспериментально-теоретическое обоснование целесообразности предлагаемого метода.

Объект исследования: система «дорожное движение - городская среда».

Предмет исследования: оценка взаимодействия участников движения с городской средой.

Методология исследования: системный анализ, натурный эксперимент, специальные психофизиологические исследования, теория транспортных потоков, теория безопасности движения, методы программирования, теория систем.

Научная новизна: Разработана классификация влияния энтропийных характеристик движения на функциональное состояние организма водителя с позиций безопасности дорожного движения, раскрыта сущность влияния этих характеристик, что позволило теоретически обобщить и предложить новый метод оценки безопасности дорожного движения в условиях города. Разработана модель функционального состояния водителя, как функции вероятности удержания заданной скорости движения и параметров сложности взаимодействия участников дорожного движения. Систематизированы существующие методы оценки безопасности дорожного движения, что позволило, выявив их достоинства и недостатки, разработать новый метод оценки безопасности дорожного движения в условиях города.

Практическое значение полученных результатов заключается в том, что впервые в практике разработки мероприятий, направленных на повышение безопасности движения в условиях города, разработана иерархическая система ранжирования показателей сложности взаимодействия участников

дорожного движения в городских условиях и осуществлено экспериментально-теоретическое обоснование полезности предлагаемого экспресс-метода. Использование программы «ROAD» для расчета скоростей движения на городских дорогах и улицах совместно с предлагаемым методом позволяет прогнозировать безопасность движения на вновь строящихся или реконструируемых дорогах и улицах.

Реализация результатов работы. Предложенные методики использовались для оценки безопасности дорожного движения при разработке мероприятий по снижению аварийности на дорогах и улицах г. Харькова и г. Волгограда.

Основные научные положения и практические результаты по теме диссертации включены в учебные программы курсов «Эксплуатация автомобильных дорог», «Транспортная планировка городов» для студентов, обучающихся по специальностям «Строительство дорог и аэродромов», «Организация дорожного движения».

Апробация работы. Основные положения диссертации доложены на 12 научно-методических конференциях ХАДИ и ВолГИСИ, на 7 Всесоюзных научно-технических конференциях (г. Вильнюс, 1985, г. Волгоград, 1998, г. Ростов-на-Дону, 1997, г. Омск, 1998, г. Волгоград, 1989, г. Брянск, 1998, г. Омск, 2001, г. Харьков, 2002).

Публикации. По результатам исследования опубликованы 3 научные статьи и 7 тезисов докладов на конференциях, в которых отражено основное содержание диссертации.

Достоверность научных положений, теоретических решений и полученных результатов подтверждается: соблюдением принципов математического моделирования, адекватностью расчетных и экспериментальных данных.

Личный вклад в решение проблемы заключается в формулировании гипотезы, выполнении теоретических и экспериментальных исследований, в анализе и обобщении результатов.

На защиту выносятся: экспресс-метод оценки безопасности дорожного движения по энтропийным характеристикам скоростей движения в условиях города для существующих и проектируемых городских дорог и улиц; зависимость влияния степени опасности движения на участников движения, построенные с помощью математической модели функционального состояния водителя как вероятность удержания заданной скорости; номограммы для классификации городских условий по степени опасности для движения.

Объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, 4 глав, научных и практических выводов, списка литературы и приложений. Работа содержит 166 страниц, в том числе 146 страниц машинописного текста, 25 рисунков, 11 таблиц. В списке литературы приведено 99 наименований.

Диссертационная работа выполнена в Волгоградской государственной архитектурно-строительной академии.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В первой главе изложено современное состояние проблемы безопасности дорожного движения на дорогах и улицах городов России. Показаны основные причины роста ДТП в условиях социально-экономической перестройки общества. Обращено внимание на то, что решение градостроительных задач, направленных на повышение эффективности и безопасности работы транспорта, затруднительно без научно обоснованных методик оценки безопасности движения в условиях города, пригодных как для эксплуатируемых, так и для вновь строящихся или реконструируемых дорог или улиц.

Проведен анализ существующих методов оценки безопасности движения в городских условиях: метода коэффициентов происшествий; метода коэффициентов аварийности; метода коэффициентов безопасности; метода конфликтных точек; метода анализа неблагоприятных дорожно-транспортных ситуаций; метода анализа технических транспортных конфликтов; метода тестирования.

Анализ показал, что все перечисленные методы имеют ряд существенных недостатков, затрудняющих надежное прогнозирование ДТП на дорогах и улицах на стадии проектирования, реконструкции или нового строительства. Так, метод коэффициентов происшествий дает оценку безопасности движения лишь после того, как дорожно-транспортные происшествия уже произошли.

Метод коэффициентов аварийности разработан Бабковым В.Ф. и развит применительно к городским условиям Дивочкиным О.А. Лукин В. А., применил мультипликативную функцию, позволяющую оценить взаимное влияние параметров автомобильных дорог и придорожной обстановки. Применение метода коэффициентов аварийности дает возможность устанавливать потенциальную опасность вновь проектируемых дорог и улиц в условиях города. Вместе с тем, номенклатура частных коэффициентов аварийности для условий города требует расширения, так как не все факторы городской среды оказываются принимаемыми во внимание. Кроме того, коэффициенты аварийности не учитывают постоянно происходящих изменений в конструкциях дорог, методах организации движения и т.п. Итоговый коэффициент аварийности теряет фактический смысл при значительном его росте (свыше 100). Именно такие коэффициенты наблюдаются в условиях города. Наконец, статистический характер частных коэффициентов аварийности приводит к значительным ошибкам при отклонении фактических условий движения от экспериментальных, в которых были получены статистические данные.

Метод коэффициентов безопасности Бабкова В.Ф. дает интегральную оценку степени опасности участков улиц и дорог. Однако данный метод не находит широкого применения в условиях города, поскольку сложно обеспечить движение с максимально возможной скоростью.

Метод конфликтных точек Фишельсона М.С. учитывает количество только теоретически возможных контактов вне зависимости от фактических

потоков и их подразделения по типу маневров. Кроме того, не учитываются контакты и конфликты между транспортом и пешеходами, состояние проезжей части, наличие точек попутного столкновения и т.п.

Метод анализа неблагоприятных дорожно-транспортных ситуаций Кислякова В.М. не дает комплексной оценки условий движения с точки зрения их безопасности.

Метод тестирования Гаврилова Э.В. требует дальнейшего развития в плане пересмотра градации всех показателей оценки безопасности движения для условий города.

В целом анализ существующих методов оценки безопасности движения позволил сделать вывод о том, что несмотря на широкий спектр методов в настоящее время отсутствует решение, позволяющее без значительных затрат и создания контролируемых условий опыта оценивать безопасность движения городских дорог и улиц на стадиях их эксплуатации и проектирования.

Проведенный обзор состояния вопроса позволил конкретизировать цели и задачи исследования, изложенные выше.

Во второй главе рассмотрена модель взаимодействия участников дорожного движения с городской средой. Предложено для количественной оценки безопасности взаимодействия использовать показатель сложности, характера взаимодействия и функционального состояния водителя.

Базируясь на работах У. Эшби, С. Вира, Ю.Г. Антомонова, Э.В. Гаврилова предлагается сложность взаимодействия характеризовать разнообразием скоростей движения на оцениваемом участке дороги по формуле:

$$H_m = \log_2 \frac{V_{\max} - V_{\min}}{\sigma} \sqrt{N-1}, \quad (1)$$

где H_m – максимальная энтропия скоростей движения, дв. ед.;

V_{\max} , V_{\min} – максимальное и минимальное значения скоростей движения из наблюдаемых на данном участке дороги или улицы;

σ – среднеквадратическое отклонение наблюдаемых значений скоростей движения от среднего;

N – объем выборки скоростей.

В соответствии со шкалой С. Бира взаимодействие: простое при $0 < H_m \leq 3$; сложное при $3 < H_m \leq 6$; очень сложное при $H_m > 6$.

Для оценки характера взаимодействия предлагается использовать его относительную организацию по Г. Ферстеру:

$$R = 1 - \frac{H}{H_m}, \quad (2)$$

где H – текущая энтропия скорости движения, дв.ед.,

$$H = - \sum_{i=1}^n \frac{m_i}{N} \log_2 \frac{m_i}{N}, \quad (3)$$

m_i – частота появления V_i в объеме выборки N ;

n – число возможных состояний скоростей движения,

$$\pi = \frac{V_{\max} - V_{\min}}{\sigma} \sqrt{N-1}. \quad (4)$$

В соответствии со шкалой Ю.Г. Антомонова взаимодействие: детерминированное при $0,3 < R \leq 1$; квазидетерминированное при $0,1 < R \leq 0,3$; вероятностное при $0 < R \leq 0,1$.

Под функциональным состоянием водителя в работе понимается комплекс характеристик и качеств системы «человек - автомобиль», которые прямо или косвенно обуславливают выполнение движения по городским улицам. Это определение проводит грань между соответствием водителя и состоянием отдельных физиологических и психологических функций человека. Поэтому сведения об этих функциях недостаточны для оценки состояния водителя. Важны не только указанные функции, но и их влияние на качество и продуктивность деятельности.

Согласно исследованиям Э.В. Гаврилова в процессе экспериментальной оценки условий движения возможно проявление трех характерных функциональных состояний: состояния монотонии, состояния напряженности, состояния стресса. Для выявления этих состояний предлагается использовать связь продуктивности деятельности водителя с показателями активности психофизиологических функций его организма. Данная связь описывается следующей системой дифференциальных уравнений:

$$\begin{aligned} \frac{d(U_{\Sigma} - U_{\Sigma n})}{dt} &= k(U_{\Sigma} - U_{\Sigma n}) + b(W - W_n), \\ \frac{d(W - W_n)}{dt} &= k_1(U_{\Sigma} - U_{\Sigma n}) + b_2(W - W_n), \end{aligned} \quad (5)$$

где W , W_n – фактическая и оптимальная продуктивность деятельности;

U_{Σ} , $U_{\Sigma n}$ – фактическое и оптимальное психическое принуждение водителя за счет факторов среды движения;

k , k_1 , b , b_2 – коэффициенты.

Под оптимальной понимается продуктивность деятельности, адекватная задачам и условиям функционирования, при которой водитель испытывает минимальное психическое принуждение $U_{\Sigma n}$. При этом деятельность протекает с минимальными затратами абстрактного труда.

Частное решение системы уравнений (5) при начальных условиях: при $t = 0$

$$\begin{aligned} (U_{\Sigma} - U_{\Sigma n}) &= x_0, & (W - W_0) &= y_0, \\ \frac{d(U_{\Sigma} - U_{\Sigma n})}{dt} &= \dot{x}_0, & \frac{d(W - W_n)}{dt} &= \dot{y}_0, \end{aligned} \quad (6)$$

представляется в виде

$$\begin{aligned} (U_{\Sigma} - U_{\Sigma n}) &= e^{-\delta t} \left[x_0 \cos \omega t + \frac{\dot{x}_0 + \delta x_0}{\omega} \sin \omega t \right], \\ (W - W_n) &= e^{-\delta t} \left[y_0 \cos \omega t + \frac{\dot{y}_0 + \delta y_0}{\omega} \sin \omega t \right], \end{aligned} \quad (7)$$

где константы δ и ω выражаются через коэффициенты k, k_1, b, b_2 ,
 $2\delta = -(k + b), \quad \omega^2 = \omega_0^2 - \delta^2, \quad \omega_0^2 = kb - k_1 b_2.$

По данным Чайновой Л.Д. в состоянии напряженности $\delta = 0$, в состоянии монотонии $\delta < 0$, в состоянии стресса $\delta > 0$. Следовательно, по величине δ можно индцировать тип функционального состояния водителя.

На фазовой плоскости $(W - W_n)(U_{\Sigma} - U_{\Sigma n})$ при $\delta = 0$ изображающая точка описывает эллипс, при $\delta < 0$ – логарифмическую разворачивающуюся спираль, при $\delta > 0$ – логарифмическую сворачивающуюся спираль.

В состоянии напряженности связь продуктивности деятельности с психическим принуждением описывается уравнением

$$W = W_n + \rho \sqrt{1 - \frac{(U_{\Sigma} - U_{\Sigma n})^2}{v^2}}. \quad (8)$$

где $\rho = (W_n - W_n)$; $v = (U_{\Sigma n} - U_{\Sigma n})$;

$W_n, U_{\Sigma n}$ – предельно допустимая продуктивность деятельности и предельно допустимое психическое принуждение водителя соответственно.

$$W_n = V_n P_v, \quad U_{\Sigma n} = 1/2 \gamma_{\Sigma} (V_n - V_{\Sigma n})^2,$$

$V_{\Sigma n}$, V_n – нормальная и предельно допустимая скорости движения;

γ_{Σ} – жесткость нормальной скорости;

P_v – вероятность удержания заданной скорости движения V_n .

Величины $V_{\Sigma n}$, V_n , γ_{Σ} , P_v определяются по методикам Э.В. Гаврилова. Фактическая скорость движения определяется по результатам наблюдений или по результатам расчета в соответствии с алгоритмом и пакетом программ «ROAD», предложенным И.Э. Линник.

С точки зрения безопасности движения в условиях города важнейшим моментом является выявление стресса и его фаз. Наложение фаз стресса на шкалы сложности H_n и характера взаимодействия R позволяет установить градацию городских условий по степени опасности для движения.

В третьей главе приводятся результаты экспериментальной проверки адекватности модели функционального состояния водителя. Для характеристики функционального состояния организма водителя использовались показатели активности базовых и специфических функциональных систем. Для характеристики активности базовых систем использовался сдвиг частоты сердцебиений в процентах к фону и энергетическая стоимость движения. Для характеристики активности специфических функциональных систем использовался гистографический показатель (по В.Г. Денисову), позволяющий судить о психофизиологической напряженности деятельности. Продуктивность деятельности оценивалась по результатам опытных заездов с заданной скоростью движения (20, 40, 60, 80 км/ч).

Результаты опытов показали, что психическое принуждение находится в сильной корреляционной связи ($r = -0,9452$) с гистографическим показателем, что свидетельствует о преобладании психофизиологических процессов в ориентировочной деятельности водителя в условиях города.

Проверка адекватности формулы (8) по критерию Стьюдента показала, что расчетный критерий достоверности различий между теоретическими и опытными данными равен $t_p = 1,096$. Для уровня значимости $p = 0,05$ и числа степеней свободы равном 3 табличное значение критерия достоверности $t_c = 3,182$. Это свидетельствует о том, что достоверность наблюдаемых различий между теоретическими и опытными значениями продуктивности деятельности следует поставить под сомнение. Последнее позволяет рассматривать формулу (8) как теоретическое представление опыта.

Результаты экспериментальных исследований показали, что связь активности специфических и базовых функций организма водителя с качественными результатами деятельности в одинаковых дорожных условиях различна для водителей со слабым и сильным типом нервной системы (рис. 1, 2, 3).

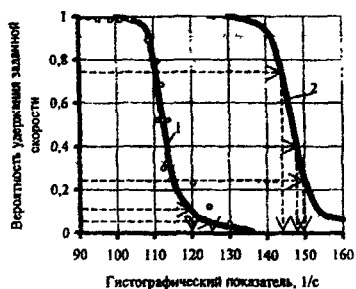


Рис. 1. Связь психофизиологического состояния с результатами деятельности водителя:

- 1 – слабый тип нервной системы;
2 – сильный тип нервной системы

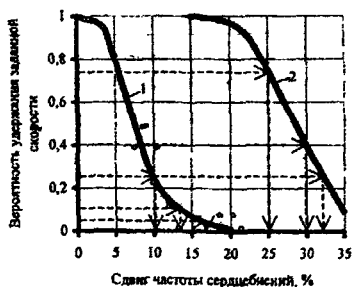


Рис. 2. Связь функционального состояния с результатами деятельности водителя:

- 1 – слабый тип нервной системы;
2 – сильный тип нервной системы

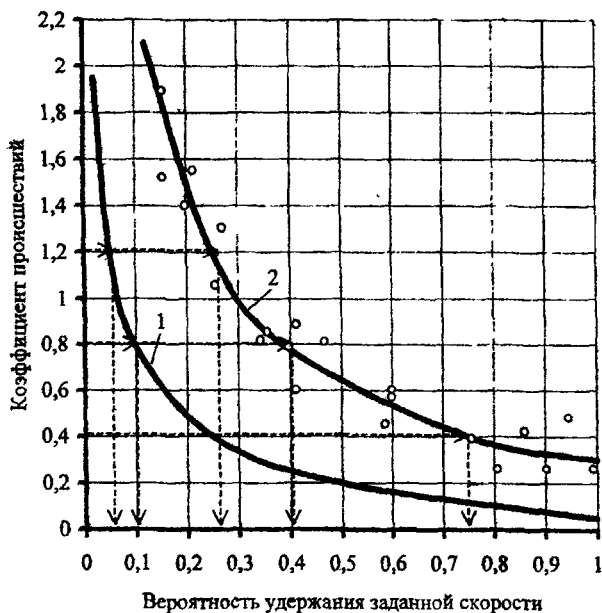


Рис. 3. Связь коэффициентов происшествий с вероятностью удержания заданной скорости:

- 1 – водитель со слабым типом нервной системы;
2 – водитель с сильным типом нервной системы

Корреляционные отношения между вероятностью удержания заданной скорости ($V_3 = 60$ км/ч) и коэффициентом происшествий:

- для водителей со слабым типом нервной системы $\eta_{PV/K_{np}} = 0,9696526$, квадратическая ошибка корреляционного отношения $m_{\eta} = 0,05608916$, критерий достоверности $t_p = 17,288$;

- для водителей с сильным типом нервной системы $\eta_{PV/K_{np}} = 0,9897172$, а квадратическая ошибка корреляционного отношения $m_{\eta} = 0,02390118$, критерий достоверности $t_p = 41,409$.

Величины корреляционных отношений свидетельствуют о наличии сильной корреляционной связи между K_{np} и P_V .

Табличное значение критерия достоверности для доверительной вероятности $p = 0,95$ и числа степеней свободы 20 равно $t_r = 2,086$. Поскольку в обоих случаях $t_p > t_r$, то можно считать, что полученные значения корреляционных отношений вполне достоверны.

Поскольку вероятность удержания заданной скорости движения характеризует функциональную надежность отдельного водителя, а коэффициент происшествий является характеристикой взаимодействия всех участников дорожного движения, то наличие сильной корреляционной связи между этими характеристиками свидетельствует о валидности разрабатываемого метода. Поэтому, используя известную градацию коэффициента происшествий можно установить соответствующую градацию вероятностей удержания заданной скорости ($U_3 = 60$ км/ч) и показателей активности функциональных систем организма водителя (табл. 1). Обработка экспериментальных данных (полученных в опытах с нерегламентированной скоростью движения) методом наименьших квадратов позволила установить эмпирические формулы, связывающие энтропийные характеристики скорости с показателем активности специфических функциональных систем:

$$\left. \begin{aligned} H_m &= -15,79021 + 0,40087 H_r - 0,00193 H_r^2, \text{ при } 0,1 < R < 0,2 \\ H_m &= -7,54266 + 0,24511 H_r - 0,00118 H_r^2, \text{ при } 0,2 < R < 0,3 \\ H_m &= -3,23575 + 0,16484 H_r - 0,00079 H_r^2, \text{ при } 0,3 < R < 0,4 \\ H_m &= -0,65518 + 0,11566 H_r - 0,00055 H_r^2, \text{ при } 0,4 < R < 0,5 \\ H_m &= -0,71244 + 0,0908 H_r - 0,000424 H_r^2, \text{ при } 0,5 < R < 0,6 \\ H_m &= -2,29464 + 0,06309 H_r - 0,000298 H_r^2, \text{ при } 0,6 < R < 0,7 \end{aligned} \right\} (9)$$

Наложение градации показателей функционального состояния водителя по степени опасности для движения на полученные связи в форме (9) и параметры сложности и организации взаимодействия позволяют построить номограммы для оценки безопасности дорожного движения (рис. 4).

Градации условий движения по степени опасности

Таблица 1

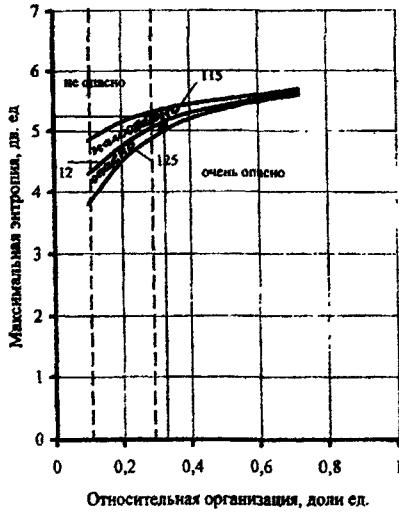
Неопасные	Мало опасные	Опасные	Очень опасные	Модальная оценка условий движения
< 0.4	0.4 - 0.8	0.8 - 1.2	> 1.2	Коэффициент проществий

Градации показателей функционального состояния водителя по степени опасности для движения в городских условиях со скоростью 60 км/ч

Таблица 2

Тип нервной системы водителя						Модальная оценка показателей состояния
слабый			сильный			
Вероятность удержания заданной скорости	Гистографический показатель, 1/с	Сдвиг частоты сердечбиений, %	Вероятность удержания заданной скорости	Гистографический показатель, 1/с	Сдвиг частоты сердечбиений, %	
$P_V > 0,25$	$N_r < 115$	$\Delta\Phi < 10$	$P_V > 0,75$	$N_r < 144$	$\Delta\Phi < 25$	Не опасные
$0,1 < P_V < 0,25$	$115 < N_r < 120$	$10 < \Delta\Phi < 13$	$0,4 < P_V < 0,75$	$144 < N_r < 147,5$	$25 < \Delta\Phi < 30$	Малоопасные
$0,05 < P_V < 0,1$	$120 < N_r < 125$	$13 < \Delta\Phi < 16$	$0,25 < P_V < 0,4$	$147,5 < N_r < 150$	$30 < \Delta\Phi < 32$	Опасные
$P_V < 0,05$	$N_r > 125$	$\Delta\Phi > 16$	$P_V < 0,25$	$N_r > 150$	$\Delta\Phi > 32$	Очень опасные

а)



б)

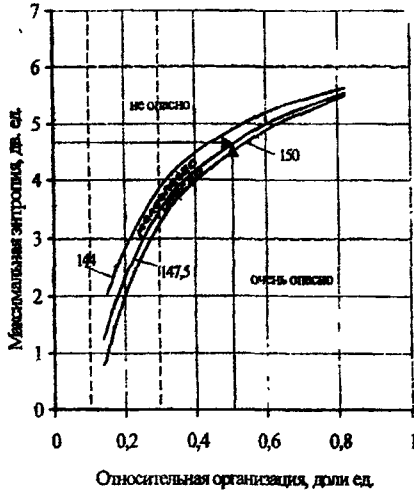


Рис. 4. Номограммы для оценки безопасности дорожного движения для водителей;

а) со слабым типом нервной системы; б) с сильным типом нервной системы

Цифры у кривых – гистографический показатель, 1/с

В четвертой главе представлены методики для практической оценки безопасности городских условий движения для эксплуатируемых и проектируемых дорог. Сформулированы общие выводы по результатам исследования.

Метод оценки безопасности движения по энтропийным характеристикам скоростей является развитием метода тестирования. В отличие от метода тестирования опытный заезд по оцениваемому участку дороги осуществляется в нерегламентированном режиме, т.е. водитель сам выбирает удобную для себя скорость в зависимости от условий движения и может менять ее как ему это удобно.

Для оценки безопасности движения используются два показателя:

1) максимальная энтропия скоростей движения на оцениваемом участке дороги или улицы H_m ;

2) относительная организация скоростей движения на этом участке R .

Максимальная энтропия H_m в этом случае характеризует скорость условий движения, а относительная организация – упорядоченность режима движения. Так, например, в свободном движении $R \rightarrow 0$, для движения в колонне $R \rightarrow 1$.

Сочетание сложности, упорядоченности и функционального состояния водителя позволяет судить о степени безопасности условий дорожного движения. Так же и в методе тестирования в качестве испытуемого используется высокореактивный водитель с показателем реактивности по Н. Стрелю на уровне 25. Оценка безопасности движения может производиться при нулевой загрузке дороги движением, в различных погодных условиях, в разные сезоны года, а также в часы «пик». Для установления часов «пик» предварительно исследуется распределение интенсивности движения по часам суток. Для оценки выбираются однородные участки по элементам дороги и интенсивности движения. Показатели степени безопасности движения в разных условиях будут различны.

Оценка безопасности движения при нулевой загрузке улицы или дороги транспортом и пешеходами будет характеризовать влияние элементов улицы (дороги) на безопасность. Опыты при наличии транспорта и пешеходов дают комплексную оценку безопасности движения.

Методика оценки безопасности движения по энтропийным характеристикам скоростей движения включает следующие операции:

1. Осуществляется опытный заезд по оцениваемому участку дороги или улицы с нерегламентированной скоростью. Разгон для последующего проезда оцениваемого участка начинается за квартал до этого участка.

2. В процессе заезда осуществляется непрерывная регистрация фактической скорости на ленте самописца.

3. Осуществляется камеральная обработка результатов регистрации скорости. Для этого лента самописца разбивается на 5-ти секундные интервалы. В каждом 5-ти секундном интервале рассчитывается средняя фактиче

ская скорость. Все 5-ти секундные интервалы в пределах оцениваемого участка формируют объем выборки скоростей движения N для последующей статистической обработки.

4. Рассчитывается математическое ожидание фактической скорости на оцениваемом участке дороги по формуле

$$\bar{V} = \sum_{i=1}^k \frac{m_i}{N} V_i, \quad (10)$$

где m_i – частота появления скорости V_i в объеме выборки фактических скоростей N ;

k – число классовых интервалов (определяется по формуле Старджеса, $k = 1 \pm 3,32 \lg N$).

5. Рассчитывается среднеквадратическое отклонение фактических скоростей от математического ожидания по формуле

$$\sigma = \pm \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^k \frac{m_i}{N} (V_i - \bar{V})^2}{N - 1}}, \quad (11)$$

где σ – среднеквадратическое отклонение.

6. Рассчитывается средняя квадратическая ошибка выборочной средней \bar{V} по формуле

$$\Delta V = \pm \frac{\sigma}{\sqrt{N - 1}}, \quad (12)$$

где ΔV – средняя квадратическая ошибка выборочной средней \bar{V} .

Средняя квадратическая ошибка выборочной средней \bar{V} принимается за точность измерения скоростей.

7. Рассчитывается число возможных состояний фактических скоростей движения по формуле

$$n = \frac{V_{\max} - V_{\min}}{\Delta V}, \quad (13)$$

где n – число возможных состояний фактических скоростей движения; V_{\max} , V_{\min} – максимальное и минимальное значения фактических скоростей движения в общем объеме их выборки.

8. Рассчитывается максимальная энтропия фактических скоростей движения на оцениваемом участке дороги

$$H_m = \log_2 n, \quad (14)$$

где H_m – максимальная энтропия скоростей движения, дв. ед.

9. Число возможных состояний скоростей движения « n » принимается за число классовых интервалов, которые используются в дальнейшей статистической обработке результатов опытов. Тогда новый классовый интервал определяется по формуле $\Delta = \frac{V_{\max} - V_{\min}}{n}$.

$$\Delta = \frac{V_{\max} - V_{\min}}{n} \quad (15)$$

10. Весь размах фактических скоростей движения ($V_{\max} - V_{\min}$) разбивается на классовые интервалы шириной Δ и фактические значения скоростей движения разносятся по этим классовым интервалам.

10. Рассчитывается текущая энтропия фактических скоростей движения по формуле:

$$H = - \sum_{i=1}^n \frac{m_i}{N} \log_2 \frac{m_i}{N}. \quad (16)$$

11. Рассчитывается относительная организация скоростей движения на оцениваемом участке дороги или улицы по формуле

$$R = 1 - \frac{H}{H_m}. \quad (17)$$

13. По номограмме, приведенной на рис.2, по рассчитанным значениям H_m и R оценивается степень опасности движения по участку дороги или улицы.

Методология оценки безопасности движения по энтропийным характеристикам скоростей в проектах реконструкции дорог и нового строительства практически не отличается от оценок эксплуатируемых дорог. Единственное отличие сводится к тому, что в процессе оценки используются не фактические, а расчетные скорости движения.

Для расчета скоростей движения предлагается использовать алгоритмы и пакет прикладных программ «ROAD» для ПЭВМ типа PC/AT, разработанными Линник И Э.

Схема алгоритма расчета скоростей движения представлена на рис. 3.

Исходными данными для расчета скоростей движения являются:

- характеристики элементов дороги или улицы (ширина проезжей части, ширина тротуаров, расстояние до застройки, продольный уклон, радиус кривой в плане и профиле и т.д.);
- суммарная интенсивность движения j -того типа в обоих направлениях, авт./ч;
- интенсивность встречных автомобилей j -того типа, авт./ч;
- интенсивность движения автомобилей j -того типа в одноименном направлении, авт./ч;
- максимально возможная скорость движения расчетного автомобиля в эталонных условиях;
- начальная скорость движения при входе на оцениваемый участок дороги. Начальная скорость движения при входе на оцениваемый участок дороги принимается равной средней скорости транспортного потока:

$$V_0 = \frac{2}{3} V_{\text{max}} - \alpha k_{\alpha} N_d \quad \text{при } 0,01 < Z < 0,85, \quad (18)$$

где V_{max} - максимально возможная скорость движения расчетного автомобиля в эталонных условиях, км/ч; α - коэффициент, зависящий от состава движения: при 10 % легковых автомобилей $\alpha = 0,018$; при 20 % - $\alpha = 0,016$; при 40 % - $\alpha = 0,013$; при 60 % - $\alpha = 0,011$; при 80 % - $\alpha = 0,008$; k_{α} - коэффициент, учитывающий изменение α с изменением дорожных условий;

N_d - интенсивность движения, авт./ч.

Z - коэффициент загрузки движением

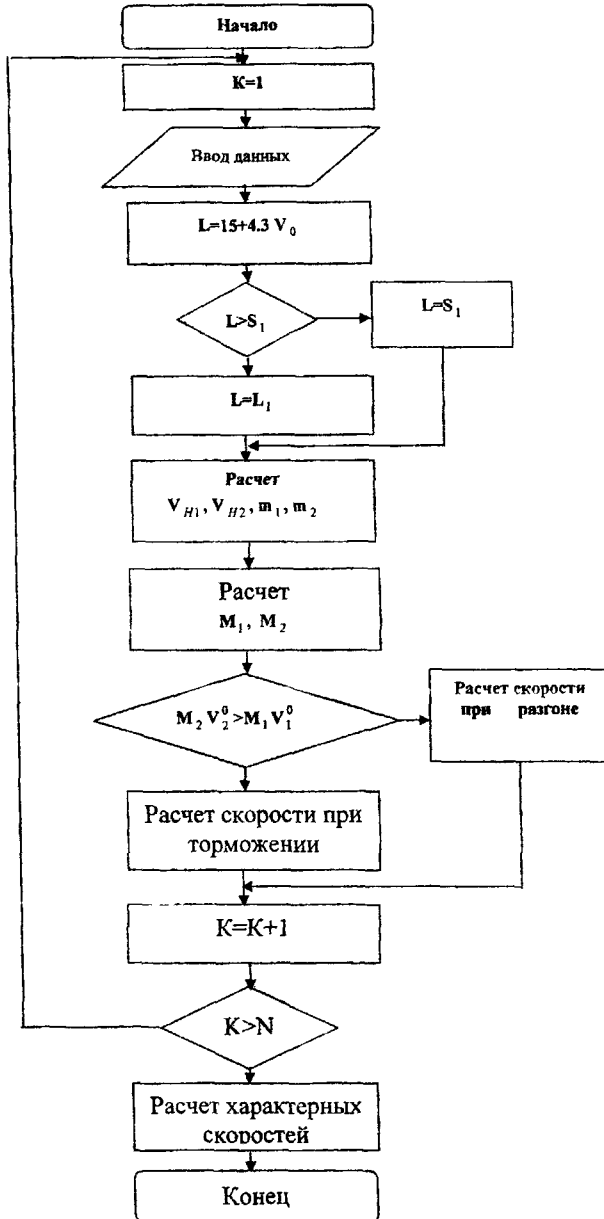


Рис. 3. Схема алгоритма расчета скорости движения

Поправочный коэффициент K_c принимается по данным В.В. Сильянова в зависимости от наличия разметки проезжей части, радиусов кривых в плане, длины подъема и его продольного уклона.

ВЫВОДЫ

1. Обоснована необходимость разработки экспресс-метода оценки безопасности дорожного движения в городских условиях для существующих и проектируемых дорог по результатам всесторонних исследований существующих методов оценки безопасности движения в городских условиях, закономерностей показателей сложности и режимов взаимодействия участников дорожного движения с городской средой и влияния сложности взаимодействия на функциональное состояние водителя.

2. Разработан экспресс-метод оценки безопасности дорожного движения для городских условий на базе моделей, выявленных закономерностей и системы ранжирования показателей сложности взаимодействия участников движения. Установлена градация безопасности условий движения по энтропийным характеристикам скоростей. Разработаны номограммы, позволяющие оценить степень опасности городских условий движения в зависимости от их сложности, организации движения и функционального состояния организма водителя. Метод позволяет оценивать безопасность эксплуатируемых и проектируемых дорог.

3. Разработана модель функционального состояния водителя, как функции вероятности удержания заданной скорости движения и параметров сложности взаимодействия участников дорожного движения, обоснованы градации показателей сложности и режима взаимодействия участников дорожного движения с городской средой для оценки городских условий движения по степени опасности. Установлено, что связь продуктивности деятельности водителя с показателями активности специфических и неспецифических функциональных систем позволяет индцинировать функциональные состояния монотонии, напряженности и стресса. Границы данных состояний определяются функциональной нормой скорости движения для мотива безопасности движения $V_{н1}$ и предельно допустимой скоростью $V_{д}$. В пределах состояния напряженности выделена зона функционального комфорта, границы которой определены индивидуальной нормой скорости движения $V_{\Sigma н}$ и граничной скоростью V_r . При скорости равной V_r обеспечивается минимум удельных затрат абстрактного труда водителя.

Доказана адекватность модели функционального состояния водителя при помощи параметрического t -критерия Стьюдента.

4. Выявлены закономерности распределения характеристик функционального состояния водителей и условий движения по городским улицам и дорогам. Разработана иерархическая система ранжирования

показателей сложности взаимодействия участников дорожного движения в городских условиях и осуществлено экспериментально-теоретическое обоснование полезности предлагаемого метода.

Основные положения диссертации отражены в следующих опубликованных автором работах:

1. Михович С.И., Банатов А.В. Оценка условий безопасности движения в городе //Тез. докл. V Всесоюзной научно-технической конференции «Пути повышения безопасности дорожного движения», - Вильнюс: Изд. ВИСИ, 1985.-с. 150-151.
2. Банатов А.В. Градация коэффициентов происшествий //Тез. докл. научно-технической конференции «Вопросы дорожного обеспечения продовольственной программы», - Волгоград: Изд. ВолИСИ, 1988.-с. 92-93.
3. Банатов А.В. Оценка безопасности движения на улично-дорожной сети //Сборник научных трудов «Методы реконструкции автомобильных дорог».- М.: Изд. МАДИ, 1989.- с. 72-81.
4. Банатов А.В. Влияние дорожных условий на характеристики скоростного режима движения // Тез. Всесоюзной научно-технической конференции «Пути совершенствования эксплуатационных качеств автомобильных дорог и повышение безопасности движения».- Волгоград: Изд. ВолИСИ, 1989.- с. 85 - 86.
5. Банатов А.В. Связь коэффициента происшествий с надежностью деятельности водителя // Тез. докл. Международной научнопрактической конференции.- Ростов-на-Дону: Изд. ДТИ, 1997.- с. 27 -28.
6. Банатов А.В., Ивасик В.Б. Оценка безопасности движения на трехполосных улицах с односторонним движением //Тез. докл. II Международной научно-технической конференции «Автомобильные дороги Сибири», - Омск: Изд. СибАДИ, 1999.- с. 199 - 201.
7. Банатов А.В. Оценка безопасности движения на четырехполосных улицах в городских условиях //Тез. Международной научно-технической конференции «Проблемы строительного и дорожного комплексов», - Брянск: Изд. БГИТА, 1998.- с 108 - 110
8. Банатов А.В. Оценка безопасности движения на шестиполосных улицах //Сборник научных трудов. Том 1 «Совершенствование транспортно-эксплуатационного состояния автомобильных дорог», -Иркутск: Изд. МАТ, 1999.- с. 206 - 207.
9. Банатов А.В. Определение рабочего состояния водителя на городских улицах //Тез. докл. Международной научно-практической конференции «Проблемы автомобильных дорог России и Казахстана», - Омск: Изд. СибАДИ, 2001.- с. 142 - 144.
10. Гаврилов Э. В., Линник И. Э., Банатов А. В., «Оценка безопасности движения в городских условиях»//Сборник научных трудов. «выпуск 17», - Харьков: Изд. ХГАТУ, 2002 –с. 57 - 62.

БАНАТОВ АНАТОЛИЙ ВАСИЛЬЕВИЧ

ОЦЕНКА БЕЗОПАСНОСТИ ДВИЖЕНИЯ В ГОРОДСКИХ УСЛОВИЯХ

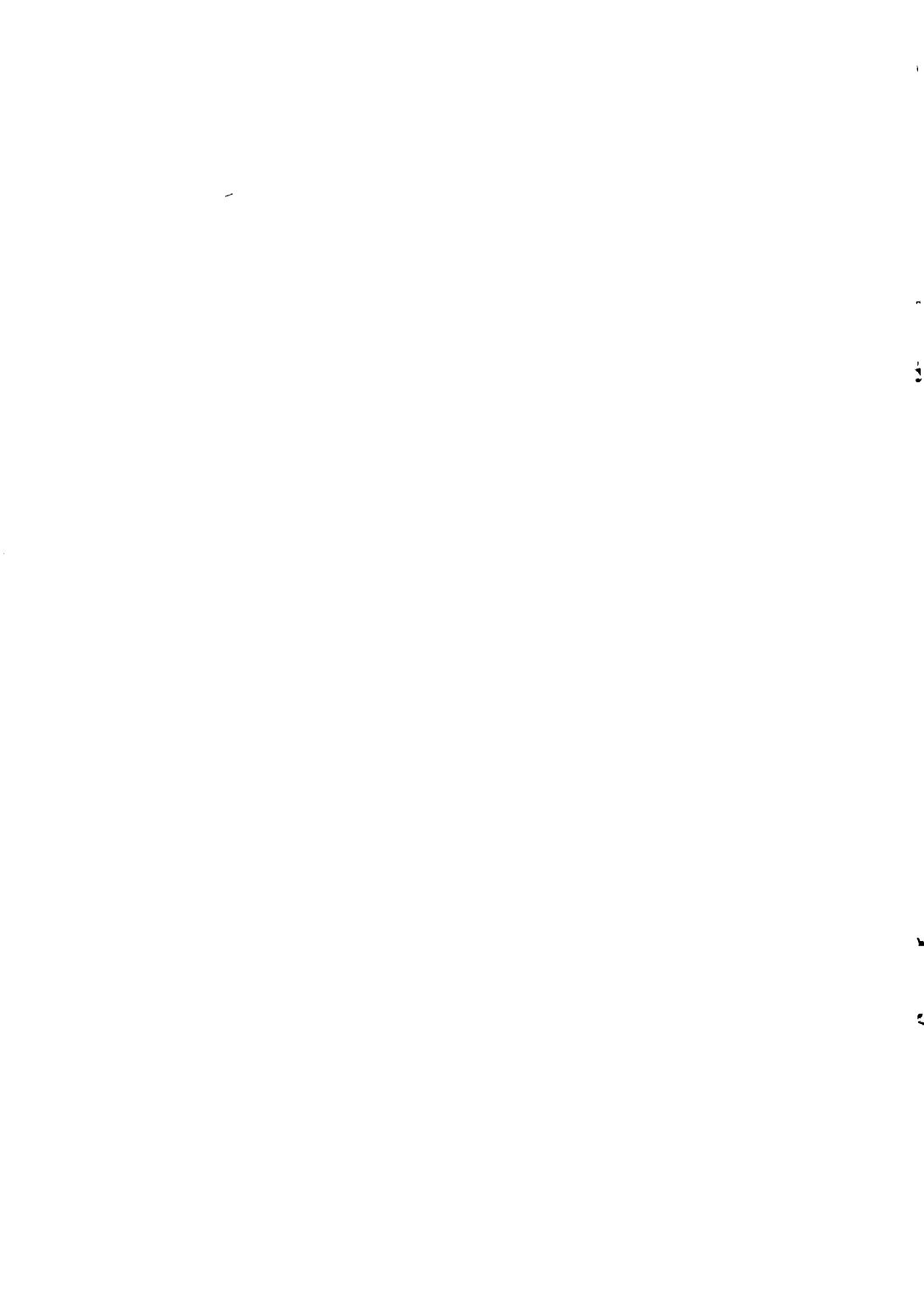
Автореферат

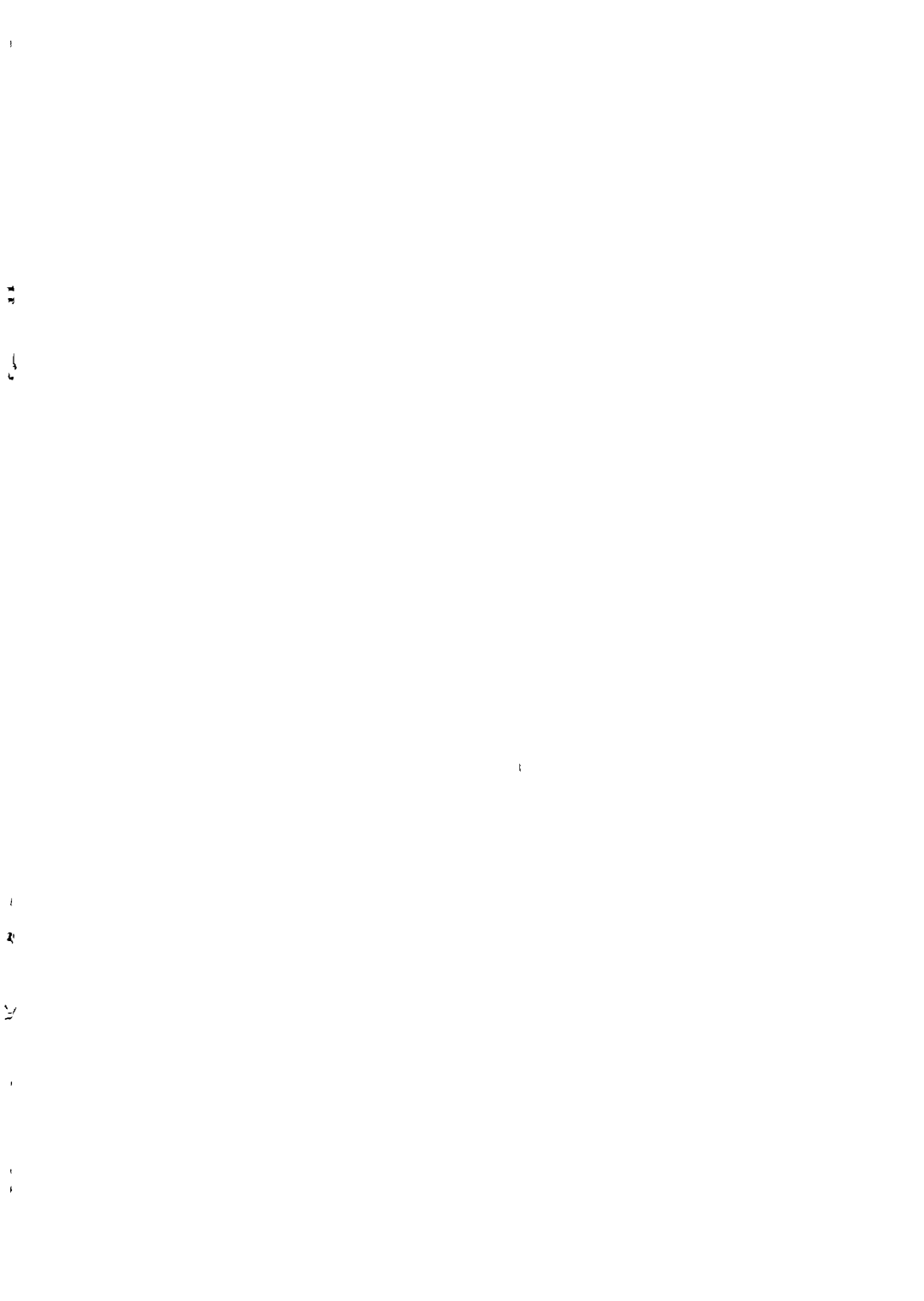
Подписано в печать 11.09.02

Формат 60*84/16. Бумага офс. Печать плоская. Гарнитура «Times».

Усл. –изд. л. 1,3. Тираж 100 экз. Заказ № 440.

**Волгоградская государственная архитектурно-строительная академия
400074, Волгоград, ул. Академическая, 1, ЦИТ
Сектор оперативной полиграфии.**

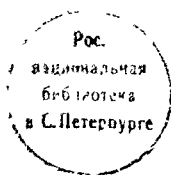




РНБ Русский фонд

2004-4

9550



07 ОКТ 2002