

Министерство образования Российской Федерации
Государственное образовательное учреждение высшего
профессионального образования
Московский государственный индустриальный университет

На правах рукописи



Черников Владимир Владимирович

**СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ
ПРИ ПЛАНИРОВАНИИ ОРГАНИЗАЦИИ РАБОТ ПО РЕМОНТУ И
РЕКОНСТРУКЦИИ ГОРОДСКИХ ТРАНСПОРТНЫХ СООРУЖЕНИЙ**

Специальность 08.00.13 –
"Математические и инструментальные методы экономики"

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата экономических наук

Москва – 2003

Диссертационная работа выполнена в ГОУ Московский государственный индустриальный университет.

Научный руководитель: кандидат технических наук Еремин В.М.

Официальные оппоненты: доктор технических наук,
профессор Юрчик П.Ф.
кандидат физико-математических наук,
доцент Оревков Ю.П.

Ведущая организация: Всероссийский институт научной и технической информации (ВИНИТИ)

Защита состоится «23» мая 2003 г. в 14⁰⁰ часов на заседании Диссертационного совета К 212.129.02 в ГОУ Московского государственного индустриального университета по адресу: 115280, г. Москва, ул. Автозаводская, д.16.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ГОУ Московского государственного индустриального университета.

Автореферат разослан «19» апреля 2003 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета К212.129.02

Сальникова Т.С.

2003-А
9097

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Актуальность проблемы. В современных условиях городской транспорт представляет собой сложную систему, состоящую из различных видов транспорта и элементов транспортной инфраструктуры.

Важная роль, отводимая городским транспортным сооружениям в этой системе, определяет высокие требования к транспортно-эксплуатационному состоянию сооружений, обуславливает необходимость своевременного их ремонта и реконструкции. Сами процедуры ремонта или реконструкции городских транспортных сооружений существенно нарушают на длительные сроки сложившуюся транспортную инфраструктуру. Это приводит к следующим отрицательным последствиям в месте проведения работ и зоне их влияния: увеличение потерь времени транспортными средствами, уровня опасности дорожного движения, уровня экологического загрязнения. Игнорирование указанных последствий при экономическом обосновании схемы производства работ не только неверно методологически, но может привести (и часто приводит) к росту социальной напряженности в обществе. Между тем сложившаяся система организации и выполнения ремонтных работ на городских транспортных сооружениях не в состоянии быстро и качественно решать эти задачи. Во многом это связано с тем, что на сегодняшний день единственным критерием при выборе схемы производства работ является минимум капитальных вложений в ремонт.

Современные подходы к выработке решений по управлению сложными системами требуют перехода к многокритериальному оцениванию. Такой подход подразумевает, что каждому варианту схемы организации ремонта или реконструкции городского транспортного сооружения соответствует набор критериев, оценивающий данный вариант. Указанный подход будет эффективным в том случае, когда информация о значениях каждого критерия для каждого варианта является научно обоснованной. Такого рода информацию о прогнозируемых значениях критериев можно получить на базе современных компьютерных технологий, а конкретно, на основе технологии имитационного моделирования транспортных потоков.

Выбор лучшего варианта осуществляет лицо, принимающее решение (ЛПР). В случае если число оцениваемых вариантов велико, возникает необходимость в компьютерной системе, которая бы помогла ЛПР представить полученную информацию в удобном графическом виде, проанализировать данные и выбрать лучшее решение. В случае, когда решение принимается группой ЛПР, имеющими несопадающие взгляды

РОС. НАЦИОНАЛЬНАЯ
БИБЛИОТЕКА
С.Петербург
09 1003 364

ды на проблему, система должна взять на себя функции поддержки ведения переговоров между ними по выбору лучшего варианта. Необходимость создания такой системы и предопределила выбор темы диссертации, цели и задач исследования.

Цель и задачи исследования. Целью диссертационной работы является разработка методического обеспечения выбора вариантов ремонта и реконструкции городских транспортных сооружений на основе совместного использования технологии имитационного моделирования транспортных потоков и системы поддержки принятия решений (СППР).

Цель диссертационной работы предопределила постановку и решение следующих **задач**:

- анализ существующих мероприятий и вариантов технологий по ремонту и реконструкции городских транспортных сооружений;
- анализ основных направлений развития компьютерных СППР на современном этапе;
- анализ существующих критериев и методов оценки и выбора вариантов ремонта и реконструкции городских транспортных сооружений;
- разработка и обоснование методов получения исходной информации для выбора управленческих решений ремонта и реконструкции транспортных сооружений на базе имитационного моделирования транспортных потоков;
- разработка алгоритмов и компьютерных программ для выработки компромиссных решений ЛПР с несопадающими интересами;
- разработка методики использования подхода для решения экономических и управленческих задач и апробация данной методики

Предметом исследования являются процессы принятия управленческих решений по выбору вариантов ремонта и реконструкции городских транспортных сооружений.

Теоретической и методологической базой исследования явились законодательные и нормативные материалы, определяющие условия деятельности предприятий автомобильно-дорожной отрасли, работы ведущих отечественных и зарубежных специалистов в области принятия решений в условиях многокритериальности. Научно-методический инструментарий диссертационного исследования включает системный и ситуационный подходы, методы многокритериальной оптимизации, методы имитационного моделирования сложных транспортных систем, методы компьютерной визуализации данных и проведения многовариантных расчетов на основе баз данных.

Научная новизна диссертации заключается в следующем:

- предложен набор критериев для оценки вариантов ремонта и реконструкции городских транспортных сооружений, принципиально не сводимых к единому критерию, и на их основе разработан многокритериальный подход к выбору вариантов;
- разработан и обоснован метод получения исходной информации для выбора управленческих решений на основании имитационного моделирования транспортных потоков;
- предложена методика проведения компьютерных экспериментов на участке производства ремонтных работ на городском транспортном сооружении и в зоне его влияния для получения исходной информации;
- разработаны методики выбора компромиссных решений ЛПР с несовпадающими интересами, только часть из которых является строго экономическими.

Практическое значение результатов диссертации заключается в их направленности на решение конкретных задач, стоящих перед предприятиями, занимающимися ремонтом и реконструкцией городских транспортных сооружений; в применении этих результатов в учебном процессе по специальности «Прикладная математика в экономике». Результаты диссертационного исследования нашли практическое применение, подтвержденное справками о внедрении.

Апробация работы. Основные положения и результаты выполненного исследования докладывались и обсуждались на 2-ой научно-практической и научно-методической конференции молодых ученых с участием деятелей науки стран СНГ и зарубежья «Человек-Общество-Наука», на IX международной конференции «Проблемы управления безопасностью сложных систем», на IV международном симпозиуме «Открытое общество и устойчивое развитие: местные проблемы и решения», Московской конференции молодых ученых «Научно-технические проблемы развития Московского мегаполиса» и ежегодных научно-методических и научно-исследовательских конференциях МАДИ (ГТУ). Работа прошла апробацию на заседании ученого совета РОО «Академии промышленности и менеджмента».

Публикации. Основное содержание диссертации отражено в девяти публикациях общим объемом 7,6 п.л. (из них принадлежит автору — 3,4 п.л.). В их числе четыре публикации в материалах международных научных конференций.

Структура работы. Диссертация состоит из введения, трех глав основного текста, заключения, библиографического списка (116 наименований) и двух приложений. Работа содержит 159 страниц машинописного текста. 77 рисунков и 11 таблиц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обосновывается актуальность выбранной темы, определяется цель работы и содержание поставленных задач, формулируется объект и предмет исследования, указываются методы исследования, а также излагается структура диссертации.

Первая глава «Учет специфики мероприятий по ремонту и реконструкции городских транспортных сооружений при их экономической оценке и принятии решений». Городские транспортные сооружения (мосты, путепроводы, эстакады, тоннели) являются наиболее ответственными элементами улично-дорожной сети городов. Поэтому улучшение транспортно-эксплуатационного состояния мостов и путепроводов является важной народнохозяйственной задачей

Оценка и выбор проектов ремонта является многокритериальной задачей, при решении которой приходится учитывать большое количество факторов, принципиально не сводимых к единому показателю качества (эффекта), и несовпадающих интересов, нуждающихся в согласовании.

Человек принимает решение на основе собственной целостной системы представлений о ситуации (ментальной модели). Однако ментальные модели содержат представления, не укладывающиеся в логическое мышление, поэтому решения и действия человека не всегда имеют под собой логическую основу. Проведенные психологические исследования показывают, что при отсутствии аналитической поддержки ЛПР часто пользуются упрощенными, а порой и противоречивыми решающими правилами.

Только автоматизированные системы поддержки принятия решения (СППР) (рис.1) в настоящее время способны обеспечить сравнение и анализ большого количества вариантов проектов, каждый из которых оценивается по многим критериям. Этой системе отводится вспомогательная роль помощника, а основная роль в принятии решений принадлежит человеку. Вопросы разработки СППР освещены в работах Моисеева Н.Н., Емельянова С.В., Ларичева О.И., Трахтенгерца Э.А., Лотова А.В., Еремина В.М., Юрчика П.Ф., Кини Р.Л., Райфа Х., Саати Т., Жамбю М. и др.

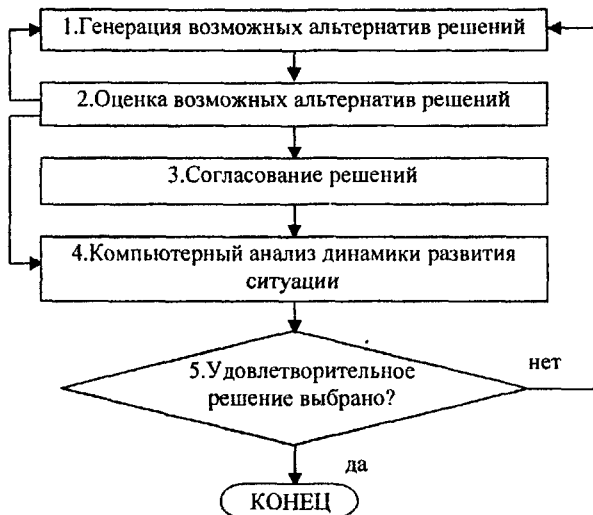


Рис. 1. Схема функционирования компьютерной СППР

В процессе эксплуатации городские транспортные сооружения подвергаются моральному и физическому износу. Для целей поддержания технических характеристик городских транспортных сооружений служат мероприятия по содержанию дорог. Для восстановления их технических характеристик до прежнего уровня необходимо проведение ремонтов. Для приведения технических характеристик и параметров сооружений в соответствие с современными требованиями проводят их реконструкцию.

Проведение ремонтных работ на городских транспортных сооружениях в условиях крупного города накладывает ряд ограничений на схемы их организации. Организация ремонта или реконструкции транспортного сооружения подразумевает выбор такой технологии проведения работ и такого графика работ, которые полностью увязаны во времени и в пространстве с системой организации дорожного движения. В связи с этим задача выбора необходимого варианта организации ремонта становится сложной, многокритериальной задачей.

Существующие методы оценки и выбора варианта ремонта или реконструкции городских транспортных сооружений не в полной мере учитывают социальные и экологические критерии. К таким критериям относятся: потери времени транспортными средствами, уровень опасности дорожного движения, уровень экологического загрязнения. Указанные критерии не имеют на сегодняшний день обоснованного

стоимостного выражения, поэтому не являются экономическими и их оценка может быть дана только в натуральных или условных единицах измерения. Сведение напрямую этих критериев к стоимостному выражению затруднительно из-за отсутствия соответствующей теоретико-методической базы.

Применяющийся до настоящего времени при оценке проектов в автомобильно-дорожной отрасли оптимизационный подход и, в частности, метод минимума приведенных затрат имеет ряд существенных недостатков. Во многих случаях сложно, а иногда и просто невозможно на основе ряда разнородных и часто противоречивых критериев сформировать единую целевую функцию. Кроме того, часто встречаются ситуации, когда оптимальный по методу приведенных затрат вариант требует таких значительных единовременных затрат, что имеющихся в наличии финансовых средств явно не достаточно, а проект осуществлять надо.

Многие методы многокритериальной оптимизации, например, метод кусочно-линейной аппроксимации, метод оценки функций предпочтения ЛПР и др. являются сложными в реализации, так как требуют очень много информации от ЛПР, которые могут не являться специалистами в автомобильно-дорожной отрасли. Этим недостатком лишен метод достижимых целей, при применении которого совокупность достижимых целей представляется лицам, участвующим в принятии решения в наглядном графическом виде, и ЛПР предлагается выбрать компромиссный вариант. Однако в задачах, возникающих в рассматриваемой отрасли, множество достижимых целей является дискретным, что не позволяет применить указанный метод. В этом случае необходимо разработать новые подходы для поиска компромиссного решения, что и сделано в диссертации.

Предлагаемый подход представляет собой по существу опосредованное сведение социальных и экологических критериев к стоимостному выражению, основывающееся на выборе конкретного компромиссного решения ЛПР.

Вторая глава «Имитационное моделирование транспортных потоков как инструмент для сбора и учета исходной информации для выбора управленческих решений по ремонту и реконструкции городских транспортных сооружений». Определяющее значение для принятия решения ЛПР о правильной стратегии ремонта и реконструкции городского транспортного сооружения имеет достоверная информация о параметрах функционирования этого сооружения. Не все данные могут быть получены путем натурных наблюдений и сбором статистических данных. И здесь на первое место выходит моделирование функционирования городского транспортного соору-

жения во время проведения на нем ремонта или реконструкции и, в частности, имитационное моделирование.

Имитационные модели являются более универсальными по сравнению с аналитическими моделями, и могут быть построены при отсутствии математической модели оригинала. Идея имитационного моделирования и заключается в том, что строится алгоритм поведения подсистем и отдельных элементов систем во времени. Многократно «прогоняя» имитационную модель в условиях случайных потоков событий на входе и в самой системе, можно накопить статистическую информацию об изменении существенных переменных состояния имитационной модели. Статистическая обработка этой информации позволяет получить статистические оценки значений критериев.

В диссертации представлена система имитационных моделей функционирования системы «водитель – автомобиль – дорога – окружающая среда» (ВАДС) в местах производства ремонтных работ на городских транспортных сооружениях и в зоне их влияния, позволяющая с достаточной степенью точности прогнозировать режим движения транспортного потока для любой конкретной схемы организации движения, видов проводимых работ и типа ремонтируемого сооружения, а также для любых характеристик транспортных потоков.

Такая система сложилась на основе многолетнего опыта создания и использования имитационных моделей транспортных потоков и включает в себя.

- модуль свободного движения автомобилей как элементов транспортного потока;
- модуль взаимодействия водителей на одной полосе движения;
- модуль «создания» автомобилей и водителей;
- модуль, обеспечивающий проведение имитационных экспериментов;
- модуль диалогового режима ввода исходных данных для моделирования;
- модуль статистической обработки результатов эксперимента;
- модуль анимации имитируемого транспортного потока.

На рис.2 приведена обобщенная блок-схема функционирования имитационной модели движения транспортных потоков.

Блок 1. Осуществляется ввод исходных данных и задание начальных значений имитационного эксперимента. Исходными данными является конкретная схема проведения ремонтных работ, место их проведения и зона их влияния на окружающую УДС, интенсивность и состав движения транспортных потоков.

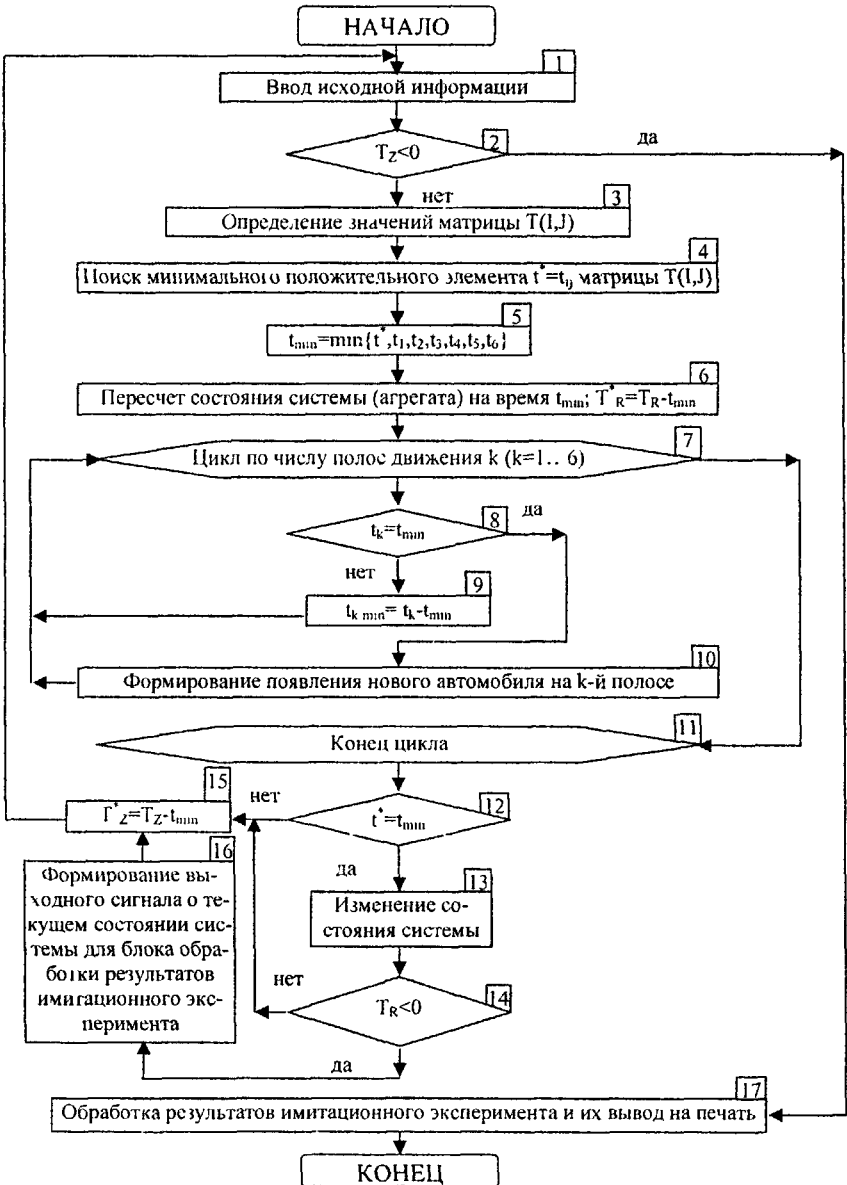


Рис.2. Обобщенная блок-схема имитационной модели движения автомобилей на участке производства работ на городском транспортном сооружении

Задаются время моделирования T_Z и период разогрева модели T_R . Задаются законы (случайные) появления автомобилей $t_i, (i=1, \dots, 6)$ на каждой полосе движения соответственно.

Блок 2. Проверка на окончание периода проведения времени моделирования эксперимента T_Z .

Блок 3. Производится вычисление времен достижения каждым автомобилем каждой ситуации (особого состояния). Особыми состояниями называются состояния системы, при наступлении которых водители изменяют режимы движения. В модели рассматривается десять укрупненных особых состояний. Эти моменты времени заносятся в матрицу времен $T(i,j)$, где i — номер автомобиля, j — номер особого состояния. Размер матрицы в данный момент времени равен $I \times J$, где I — количество находящихся в системе автомобилей, J — число особых состояний системы.

Блок 4. Определяется номер автомобиля i и номер ситуации j . время наступления которой t_j для данного автомобиля является наименьшим среди всех остальных автомобилей и особых ситуаций на данный момент времени.

Блок 5. Определяется минимальное значение из множества $\{t_j = t^*, t_1, t_2, \dots, t_6\}$.

Блок 6. Производится пересчет пройденного пути, скорости, продолжительности стоянки для всех находящихся в данный момент времени в системе автомобилей на время t_{\min} .

Блоки 7-9. Моделируется наступление момента появления ближайшего по времени автомобиля на одной из полос движения.

Блок 10. По заданному процентному соотношению между легковыми, грузовыми автомобилями и автобусами на k -й полосе движения (номер полосы, где появился новый автомобиль) генерируется равномерно распределенное случайное число, определяющее тип появляющегося автомобиля. Формируется время появления следующего автомобиля на k -й полосе движения.

Блок 12. Проверка наступления времени особого состояния на момент t_{\min}

Блок 13. Производится изменение состояния автомобиля в соответствии с j -й ситуацией.

Блок 14. Проверка на окончание периода разогрева модели T_R .

Блок 15. Уменьшение периода моделирования T_z на величину t_{\min} .

Блок 16. Фиксируется мгновенное состояние системы в каждом пункте наблюдения в выбранном сечении.

Блок 17. Обработка результатов имитационного эксперимента и вывод ее на печать. В этом блоке определяются значения потерь времени автомобилями, уровня опасности дорожного движения, уровней экологического загрязнения.

Потери времени определяются как разность затрат времени транспортными средствами на преодоление участка транспортного сооружения до и во время ремонта. Имитационная модель рассчитывает затраты времени на прохождение участка каждым автомобилем для каждого варианта ремонта. Затем потери времени суммируются. Отметим, что модель позволяет оценивать потери времени не только для потока в целом, но и для отдельных типов автомобилей, составляющих поток.

Для оценки уровня опасности дорожного движения был использован метод конфликтных ситуаций (КС). Суть метода в том, что каждому дорожно-транспортному происшествию (ДТП) предшествует некоторая КС, но не все КС приводят к ДТП. ДТП – редкое явление, но многими исследователями доказано, что число ДТП коррелирует с числом КС. Показатель уровня опасности дорожного движения S_d определяется по формуле:

$$S_d = \left(\sum_{i=1}^N \sigma_i \right) / 1000, \quad (1)$$

где N – число КС, возникших на рассматриваемом участке УДС за заданное время наблюдения (T_z);

σ_i – степень опасности i -ой КС, которая, в свою очередь, определяется следующим образом:

$$\sigma_i = \min_{\omega, a} \sigma(\omega, a), \quad (2)$$

где $\sigma(\omega, a)$ – степень опасности КС, определяемой в виде функции σ , отображающей множество возможных управлений автомобилем (ω, a) в отрезок $[0, 1]$. Здесь ω означает управление автомобилем посредством рулевого колеса, a – посредством изменения ускорения;

$E_i(\omega, a) = A(\omega_n, a_n) \cup B(\omega_n, a_n) \cup C(\omega_n, a_n)$ - множество, состоящее из трех подмножеств, где подмножество A – множество всех возможных управлений с помощью критического ускорения при фиксированном значении ω , B – мно-

множество всех возможных управлений с помощью критического поворота рулевого колеса при фиксированном a , C – множество всех возможных управлений с помощью критического ускорения и критического поворота рулевого колеса одновременно.

Для оценки уровня экологического загрязнения транспортными потоками все автомобили подразделяются на 23 группы согласно классификации ЕС. Для каждой группы транспортных средств известны корреляционные зависимости выбросов вредных веществ (CO , CO_2 , C_xH_y , NO_x , твердых частиц) при различных фазах движения (с постоянной скоростью, с ускорением, замедлением, холостой ход), которые имеют вид

$$Y = a + bV_a + cV_a^2 + dV_a^3, \text{ кг/ч·км}, \quad (3)$$

где a, d, c, b – коэффициенты, определенные эмпирически для каждого наименования вредных веществ.

Расчет удельных значений измерителя W -го наименования выбросов производится по формуле:

$$Y^W = \sum_i \sum_j Y^W(V_{ij}) d_{ij} P_i N, \text{ кг/ч·км}, \quad (4)$$

где $Y^W(V_{ij})$ – определяется по формуле (3) с соответствующими коэффициентами.

Имитационная модель для каждого автомобиля определяет время и место его нахождения в каждой из перечисленных фаз движения. Затем в течение периода наблюдения (длительности имитационного эксперимента) все эти данные суммируются.

Эти значения были использованы для оценки и выбора вариантов проектных решений.

Третья глава «Разработка методики выбора компромиссного варианта ремонта и реконструкции городских транспортных сооружений как инструмента планирования организации работ». Предлагаемая разработка СППР для автоматизированного выбора варианта ремонта и реконструкции городских транспортных сооружений основывается на выработке компромиссного решения в многокритериальном пространстве.

Такая СППР, основанная на теоретических разработках к.т.н. Еремина В.М. и его учеников, была адаптирована к теме диссертации и получила название «Выбор

компромиссного решения - Ремонт» (ВКР-РЕМОНТ). Ее структурная схема представлена на рисунке 3. Адаптация системы выразилась в следующем:

- система стала проблемно-ориентированна для задач автомобильно-дорожной отрасли;
- система дополнена блоком 17;
- усовершенствованы блоки 8 и 13: разработаны алгоритмы пошагового сближения целевых точек и изменения радиусов кластеров;
- усовершенствован блок 15: алгоритмически четко определена и компьютерно реализована процедура проецирования многомерного отображения на двумерное отображение с последующим добавлением критериев.

Реализованы два способа визуализации критериального пространства - двумерный, когда число отображаемых на графике критериев равно двум, и многомерный, когда число критериев больше двух. В многомерном случае координатные оси представлены в виде радиусов окружности, отстоящих друг от друга на равные углы (рис.4).

ЛПР имеет возможность задавать количество, название и веса (значимость) критериев, задавать значение критериев для каждой точки отображения, назначать на критериальном пространстве целевые точки, которые отражают позицию ЛПР по рассматриваемой проблеме, а также задавать для целевых точек кластеры, которые выражают возможный компромисс со стороны ЛПР, и выглядят как прямоугольная область вокруг целевой точки в двумерном отображении, либо как внутренность фигуры, ограниченной многоугольниками, в многомерном отображении (рис.4). ЛПР может назначать до 26 целевых точек и до 10 кластеров к каждой из них. Целевые точки и кластеры можно перемещать, удалять, добавлять, а у кластеров, кроме того, можно изменять радиусы.

СППР сама автоматически определяет три точки, ближайшие к целевой (в смысле евклидова расстояния), которые могут быть предложены в качестве компромиссного решения, она также автоматически фиксирует точки, попавшие в кластер. Многокритериальное отображение может быть спроецировано на отображение меньшей размерности для детального анализа

Дополнительным инструментом является построение Парето-оптимального множества альтернатив, чтобы заранее отсеять заведомо неудачные варианты. Но его не следует применять при нахождении компромиссного решения ЛПР с антагонистическими взглядами.

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ВЫБОРА КОМПРОМИССНОГО РЕШЕНИЯ

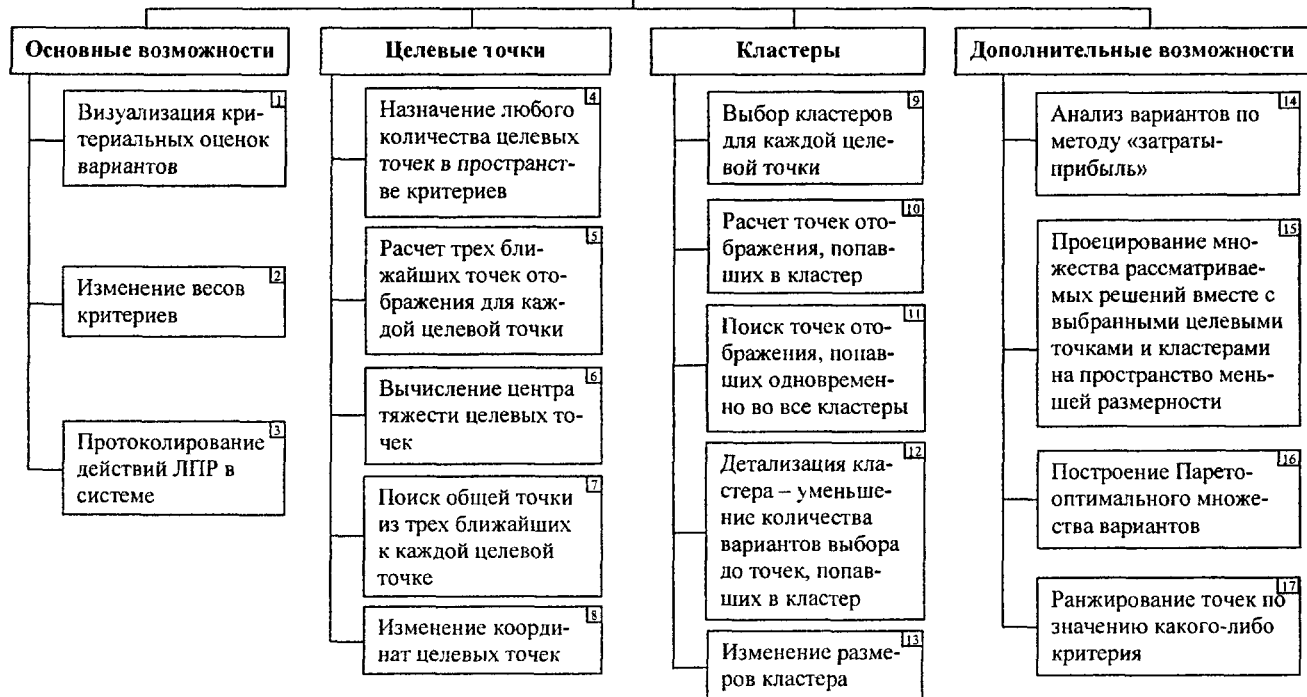


Рис. 3. Структурная схема автоматизированной системы выбора компромиссного решения

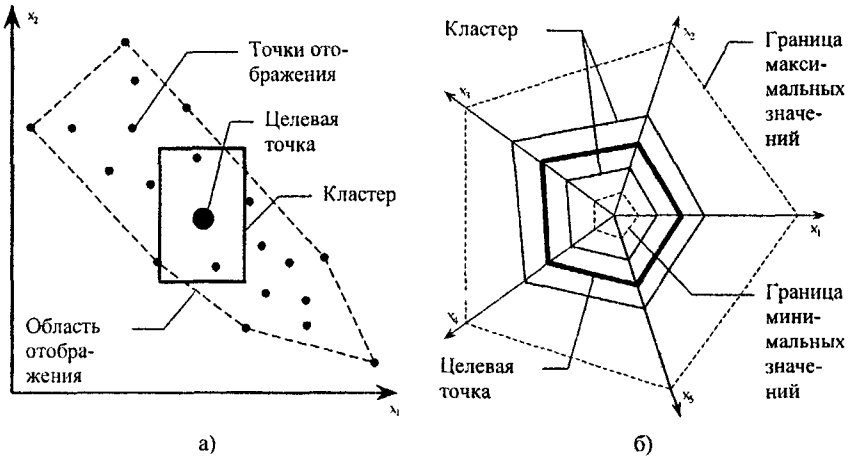


Рис.4. Реализации отображений критериального пространства:

а) двумерное; б) многомерное

В системе постоянно отображается информация о точках, ближайших к целевым точкам, и точкам, попавшим в кластеры. Все действия ЛПР протоколируются, и есть возможность вернуться к предыдущему варианту.

В диссертации разработаны три методики использования СППР «ВКР-РЕМОНТ».

Первая методика получила название «от общего к частному». Применяется в случае, если руководитель единолично принимает решение о выборе варианта, либо решение принимается группой ЛПР с близкими позициями, при личной встрече. Суть ее в следующем. ЛПР на многомерном отображении назначает целевую точку и рассматривает три точки, ближайшие к целевой, в качестве компромиссного решения. Если компромиссное решение не выбрано, ЛПР задает кластер. Если в кластер попало много точек отображения, они рассматриваются более детально. Если точек немного, они анализируются в качестве компромиссного решения. Если точек в кластере не оказалось, многомерное отображение проецируется на двумерное, и ЛПР более тщательно анализирует, почему в кластер не попали точки. Изменяя радиусы кластера и/или координаты целевой точки, ЛПР добивается, чтобы в кластер попали точки. После этого, добавляя по одному критерию, ЛПР постепенно возвращается к исходному многомерному отображению с исправленными значениями кластера.

Вторая методика получила название «от частного к общему». Применяется в случае, если руководитель единолично принимает решение о выборе варианта, либо решение принимается группой ЛПР с близкими позициями, при личной встрече. Основное отличие данной методики от первой методики заключается в том, что вместо многомерного отображения рассматривается ряд двумерных отображений с одним фиксированным критерием в качестве оси X . И здесь используется понятие поликластерных точек, т.е. точек одновременно присутствующих во всех кластерах различных отображений. Суть методики в следующем. Задаётся двумерное отображение с критерием i по оси X и $i+1$ по оси Y . ЛПР назначает целевую точку на двумерном отображении и рассматривает три точки, ближайšie к целевой, в качестве компромиссного решения. Если компромиссное решение не выбрано, ЛПР задает кластер. При этом все, попавшие в кластер точки, фиксируются в качестве поликластерных. После этого ЛПР переходит к следующему двумерному отображению с тем же критерием i по оси X и критерием $i+2$ по оси Y . ЛПР назначает целевую точку на двумерном отображении и анализирует, нет ли среди трех точек, ближайших к целевой, поликластерных. Если поликластерных точек нет, ЛПР задает кластер. Если в кластер не попало поликластерных точек, ЛПР возвращается к предыдущему отображению и изменяет целевую точку и/или кластер. Если поликластерных точек, попавших в кластер, много, дальнейшее исследование проводится не на всем множестве альтернатив, а только на этом множестве точек. Если точек немного, ЛПР поочередно переходит к следующим отображениям, пока не рассмотрит в качестве оси Y все оставшиеся критерии.

Третья методика получила название «сближение взглядов». Применяется в случае, если решение принимается группой ЛПР, позиции которых не столь близки, чтобы они могли назначить «общую» целевую точку, либо если существуют антагонистические позиции по ряду критериев. Суть ее в следующем. Каждое ЛПР назначает свою целевую точку. После этого они анализируют, нет ли среди трех точек, ближайших к своим целевым, точек, одновременно являющимися ближайшими ко всем целевым точкам. Если такие точки есть, они предлагаются в качестве компромиссных решений. Если нет, то рассчитывается центр тяжести целевых точек, и в качестве компромиссного решения предлагаются три точки, ближайšie к нему. Если компромиссного решения не выбрано, каждое ЛПР задает кластеры для своих целевых точек. Если в пересечение кластеров попало большое количество поликластерных точек, то дальнейшее исследование проводится не на всем множестве альтернатив, а только на

этом множестве точек. Если точек немного, то предлагается выбрать компромиссное решение среди них. Если ни одна точка не попала в пересечение кластеров, то ЛПР начинают сближать целевые точки по направлению центра тяжести и/или изменять радиусы кластеров, пока в пересечении кластеров не окажется достаточное количество поликластерных точек.

В качестве примера реализации методик согласования принятия компромиссного решения был выбран путепровод на пересечении Ленинградского шоссе с МКАД. Для оценки вариантов проекта мы вводим пять критериев: сметная стоимость проведения ремонта, продолжительность ремонта, потери времени транспортными средствами вследствие проведения ремонта по данному варианту, уровень опасности дорожного движения (ОДД), уровень экологического загрязнения (ЭЗ) в районе, прилегающем к месту проведения ремонта. Были рассмотрены 80 вариантов организации ремонта, которые отличались друг от друга шириной перекрытия ремонтируемой полосы и количеством очередей ремонта.

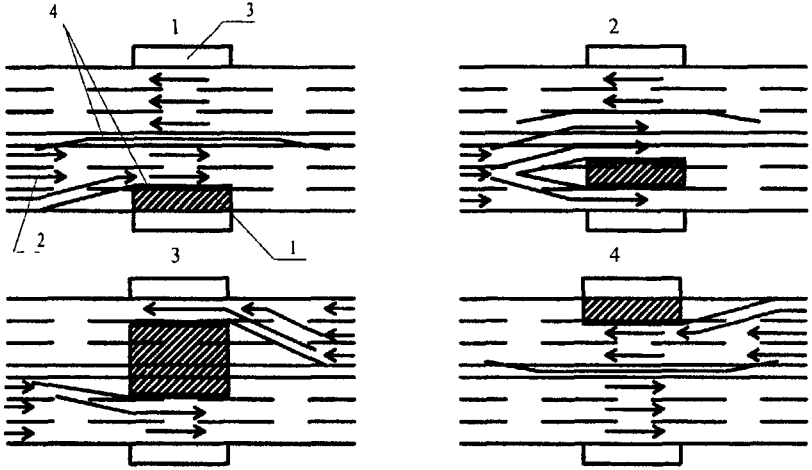
Наилучшим вариантом с позиции строительной организации, выполняющей ремонтные работы на путепроводе, являлся вариант их выполнения сразу на всей площади сооружения, что снижало сметную стоимость и продолжительность ремонта до минимума. Но такое решение приводило к максимальным значениям потерь времени транспортными средствами, ОДД и ЭЗ, что повышало напряженность в социальной сфере. Наилучший же вариант проведения ремонтных работ на путепроводе в городских условиях с позиции минимальных потерь времени транспортными средствами, обеспечения безопасности движения и снижения загрязнения окружающей среды, приводил к неоправданно высокой сметной стоимости ремонта и затягиванию сроков ремонтных работ. Между ними — множество решений. Выбор компромиссного из них – задача автоматизированной СППР «Выбор компромиссного решения – Ремонт».

Для случая, когда выбор и оценку вариантов ремонта путепровода производил один человек, было предложено применить методика «от общего к частному». При этом ЛПР руководствовался тем, что целевая точка должна иметь минимальные значения по всем критериям одновременно. Построения велись на многомерном огоражении.

После построения Парето-оптимального множества альтернатив, множество достижимых вариантов снизилось до десяти. Далее, последовательно применяя данную методику, ЛПР остановился на варианте №44. И хотя у варианта №44 самые высокие показатели потерь времени ТС и уровня экологического загрязнения, но за счет

низкого процента отклонения значений этих критериев от целевой точки и за счет короткого времени ремонта, ЛПР счел целесообразным выбрать именно вариант №44 (рис.5 а).

а) вариант №44



б) вариант №45

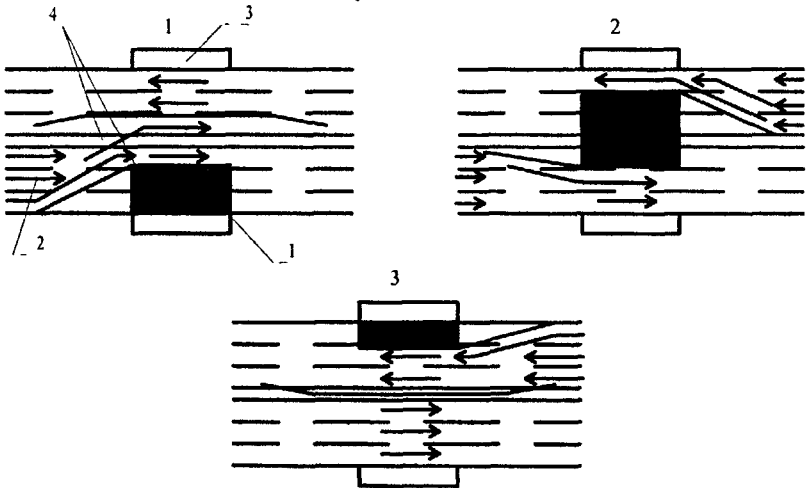


Рис.5 Последовательное перемещение строительной площадки при ремонте путепровода:
1 – строительная площадка; 2 – направление движения;
3 – тротуар путепровода; 4 – ограждение.

При использовании методики «от частного к общему» также считалось, что выбор и оценку вариантов ремонта путепровода производил один человек. При этом он руководствовался тем, что целевая точка должна иметь минимальные значения по всем критериям одновременно. Построения велись на ряде двумерных отображений. В качестве фиксированной оси Х ЛПР выбрал критерий «Сметная стоимость ремонта». После построения Парето-оптимального множества альтернатив, множество достижимых вариантов снизилось до десяти.

Далее, последовательно применяя методику данную, ЛПР остановился также на варианте №44. И хотя у варианта №44 самые высокие показатели потерь времени ТС и уровень экологического загрязнения, но за счет низкого процента отклонения значений этих критериев от целевой точки и за счет короткого времени ремонта, ЛПР счел целесообразным выбрать именно вариант №44 (рис.5 а).

Методика «сближение взглядов» была выбрана для случая, когда переговоры велись между четырьмя ЛПР с несопадающими взглядами. В начале переговоров выявлены следующие заинтересованности ЛПР:

- ЛПР1 (представитель заказчика) - минимум сметной стоимости ремонта;
- ЛПР2 (представитель общественности) - минимум потерь времени транспортными средствами во время ремонта;
- ЛПР3 (представитель общественности и ГИБДД) - минимальный уровень опасности дорожного движения;
- ЛПР4 (представитель общественности и экологических служб) - минимальный уровень экологического загрязнения.

Так как последние три тенденции взаимно дополняют друг друга, то отстаивать их может одно ЛПР. Таким образом, в переговорах принимали участие два ЛПР: ЛПР1, отстаивающее вариант ремонта с минимальной сметной стоимостью, и ЛПР2, стремящееся свести социальные издержки населения к минимуму.

Построения велись на многомерном отображении. Так как ЛПР имеют неантагонистические интересы, то сначала было построено Парето-оптимальное множество, сократившее количество альтернатив до 10 вариантов.

Для своей целевой точки ЛПР1 выбрало координаты с минимальными значениями критериев сметной стоимости и продолжительности ремонта и со средними значениями по всем остальным критериям. А ЛПР2 назначило свою целевую точку с минимальными значениями критериев потерь времени транспортными средствами, уровнем опасности дорожного движения и экологического загрязнения и средними значениями сметной стоимости и продолжительности ремонта.

После последовательного сближения целевых точек и изменения радиусов кластеров, ЛПП1 и ЛПП2 остановились на варианте ремонта путепровода №45 (рис.5 б).

Проведем экономическую интерпретацию полученных по указанным методикам результатов. Компромиссное решение, полученное по методикам «от общего к частному» и «от частного к общему» по существу можно интерпретировать как определяемые ЛПП затраты на нахождение социальных и экологических критериев в приемлемых пределах. Можно считать, что эти затраты равны разности между сметными стоимостями выбранного варианта №44 и варианта №15 с минимальной сметной стоимостью (46,26 млн.руб или 33%). Для методики «сближение взглядов» эта разность составляет 43,38 млн.руб или 31%. Разность сметных стоимостей варианта №44 и варианта №1 с максимальной сметной стоимостью составляет 26,01 млн.руб или 12%. Для данной методики эти цифры равны соответственно 28,89 млн.руб или 14%. Последние значения можно интерпретировать как экономические уступки, на которые пошел ЛПП, отстаивающий социальные интересы, по сравнению с оптимальным с его точки зрения вариантом.

Рассмотренные примеры показали, что разработанные методики эффективно применимы для решения широкого круга управленческих задач, стоящих перед предприятиями автомобильно-дорожной отрасли.

Применение системы «ВКР-РЕМОНТ» позволяет на порядок уменьшить время и затраты на принятие решения, улучшает понимание ЛПП рассматриваемой проблемы и повышает ответственность ЛПП при принятии решения.

Разработанный подход можно рекомендовать использовать при выставлении проекта на тендер для определения эффективного способа выбора подрядчика.

В зависимости от типа работ выбор может происходить между:

- контрактом на определенную общую сумму;
- предельным контрактом, при котором конечная сумма выплат зависит от качества выполненных работ;
- контрактом по принципу возмещения затрат, при котором платежи основываются на сумме затрат (данная система требует "открытой" бухгалтерии) плюс дополнительная сумма на покрытие излишков и прибыли;
- контрактом целевых затрат, при которых платежи основаны на реальных затратах, плюс прибыль, плюс дополнительные платежи в случае, если подрядчик добился значительной экономии и потратил средств не более определенной суммы.

Кроме того, разработанный подход может быть использован для совершенствования системы управления информацией, которая, в свою очередь, представляет основу для принятия решений по целому ряду вопросов, касающихся деятельности различных подразделений дорожной организации:

- проведение ремонта и содержания транспортных сооружений;
- ремонт дорожного покрытия и проезжей части мостов;
- улучшение геометрических элементов транспортных сооружений и подходов к ним для повышения пропускной способности и безопасности движения;
- определение размера сборов за пользование транспортными сооружениями.

В заключении обобщены результаты исследования, сформулированы основные результаты, полученные автором:

1. Проведенный анализ существующих критериев и методов оценки и выбора вариантов ремонта и реконструкции городских транспортных сооружений показал необходимость использования многокритериального подхода, основанного на современных компьютерных технологиях.
2. Разработаны и обоснованы методы получения исходной информации для выбора управленческих решений (включая методику проведения имитационного моделирования на участке производства ремонтных работ на городском транспортном сооружении и в зоне его влияния).
3. Разработана концепция выбора варианта ремонта городского транспортного сооружения путем согласования несовпадающих интересов в случае наличия множества критериев оценки.
4. Разработана информационная модель согласования несовпадающих интересов в случае наличия многих критериев оценки, и на ее основе разработано инструментальное средство - система поддержки принятия решений «Выбор компромиссного решения — Ремонт» (ВКР-РЕМОНТ).
5. Разработаны методики выбора варианта ремонта городского транспортного сооружения путем согласования несовпадающих интересов в случае антагонистических и неантагонистических интересов ЛПР.
6. Разработанные методики апробированы на реальном примере для выбора варианта ремонта путепровода на пересечении Ленинградского шоссе и МКАД в г. Москве. Применение системы ВКР-РЕМОНТ позволяет значительно уменьшить время и затраты на принятие решения, улучшает понимание ЛПР рассматриваемого варианта, позволяет рассмотреть большое количество вариантов ремонта.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ АВТОРА ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО ИССЛЕДОВАНИЯ

Основные положения и результаты диссертации отражены в следующих публикациях:

1. Черников В.В. Используемые методы математического моделирования в исследовании системы «водитель-автомобиль-пешеход»// Человек-Общество-Наука. Часть 4. Техника и производство: Сб. науч. тр. и тезисов. – М, 1993. – с.72-73.
2. Черников В.В. Оценка безопасности движения с использованием метода конфликтных ситуаций// Человек-Общество-Наука. Часть 4. Техника и производство: Сб. науч. тр. и тезисов. – М, 1993. – с.73-74.
3. Еремин В.М., Черников В.В. Выбор компромиссных решений в задачах управления безопасностью дорожного движения посредством реконструкции и ремонта улично-дорожной сети// Проблемы управления безопасностью сложных систем: Материалы IX международной конференции. Москва, 19 декабря 2001 г. /Под ред. Архиповой Н.И. и Кульбы В.В. - М.: РГТУ. - с.460-464.
4. Еремин В.М., Черников В.В. Системы виртуальной реальности в решении проблем строительства, реконструкции и ремонта автотранспортных сооружений в городах и информирования населения// «Открытое общество и устойчивое развитие: местные проблемы и решения»: Вып.ХІІ. – М.: Изд-во МГИДА, 2002. – с.79-82.
5. Еремин В.М., Черников В.В. Процедура выбора варианта технологии проведения ремонта городского путепровода в условиях несовпадающих интересов лиц, принимающих решение// Депонировано в ВИНТИ 26.08.2002, №1516 - В2002.
6. Еремин В.М., Черников В.В., Шухман Г.А. Автоматизированная система для выполнения процедур выбора компромиссных управляющих решений в автомобильно-дорожной отрасли// Депонировано в ВИНТИ 26.08.2002, №1517 - В2002.
7. Еремин В.М., Черников В.В., Шухман Г.А. Автоматизированная система и методика выбора компромиссных управлений в автомобильно-дорожной отрасли// Транспорт: наука, техника, управление/ ВИНТИ, 2002. - №9. – с.28-37.
8. Еремин В.М., Черников В.В. Выбор варианта технологии проведения ремонта городского путепровода лицами, принимающими решения, имеющими несовпадающие интересы// Транспорт: наука, техника, управление/ ВИНТИ, 2002. - №11. – с.11-21.
9. Еремин В.М., Черников В.В. Выбор проектных вариантов развития и совершенствования ремонта и реконструкции городских транспортных сооружений// Научно-технические проблемы развития Московского мегаполиса: Московская конференция молодых ученых. Москва 19-21 ноября 2002 / Тезисы докладов. – М.: ИМАШ РАН, 2002. – с.67.

Черников Владимир Владимирович

**СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПРИ ПЛАНИРОВАНИИ
ОРГАНИЗАЦИИ РАБОТ ПО РЕМОНТУ И РЕКОНСТРУКЦИИ ГОРОДСКИХ
ТРАНСПОРТНЫХ СООРУЖЕНИЙ**

АВТОРЕФЕРАТ

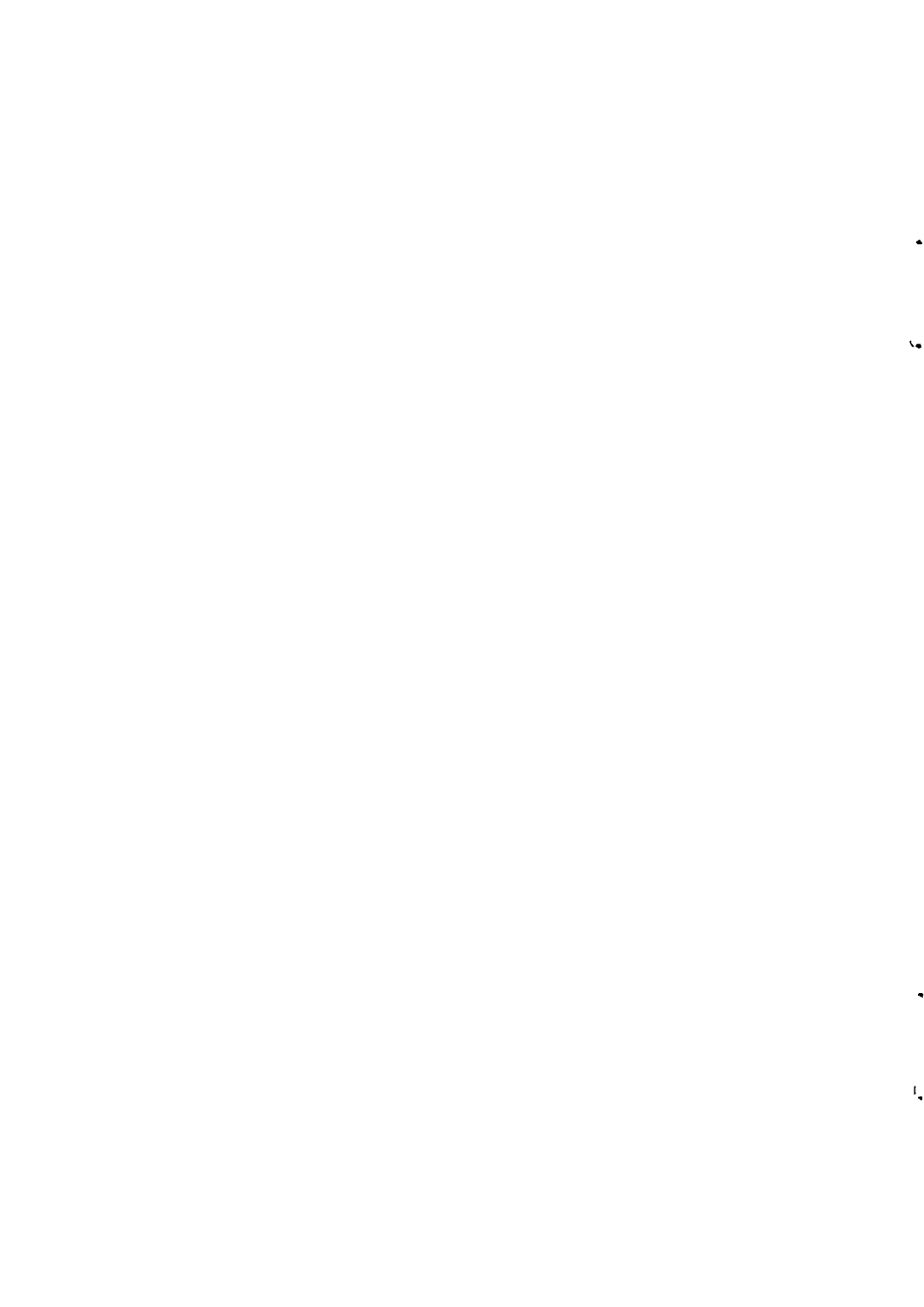
Подписано в печать 16.04.2003. Сдано в производство 17.04.2003

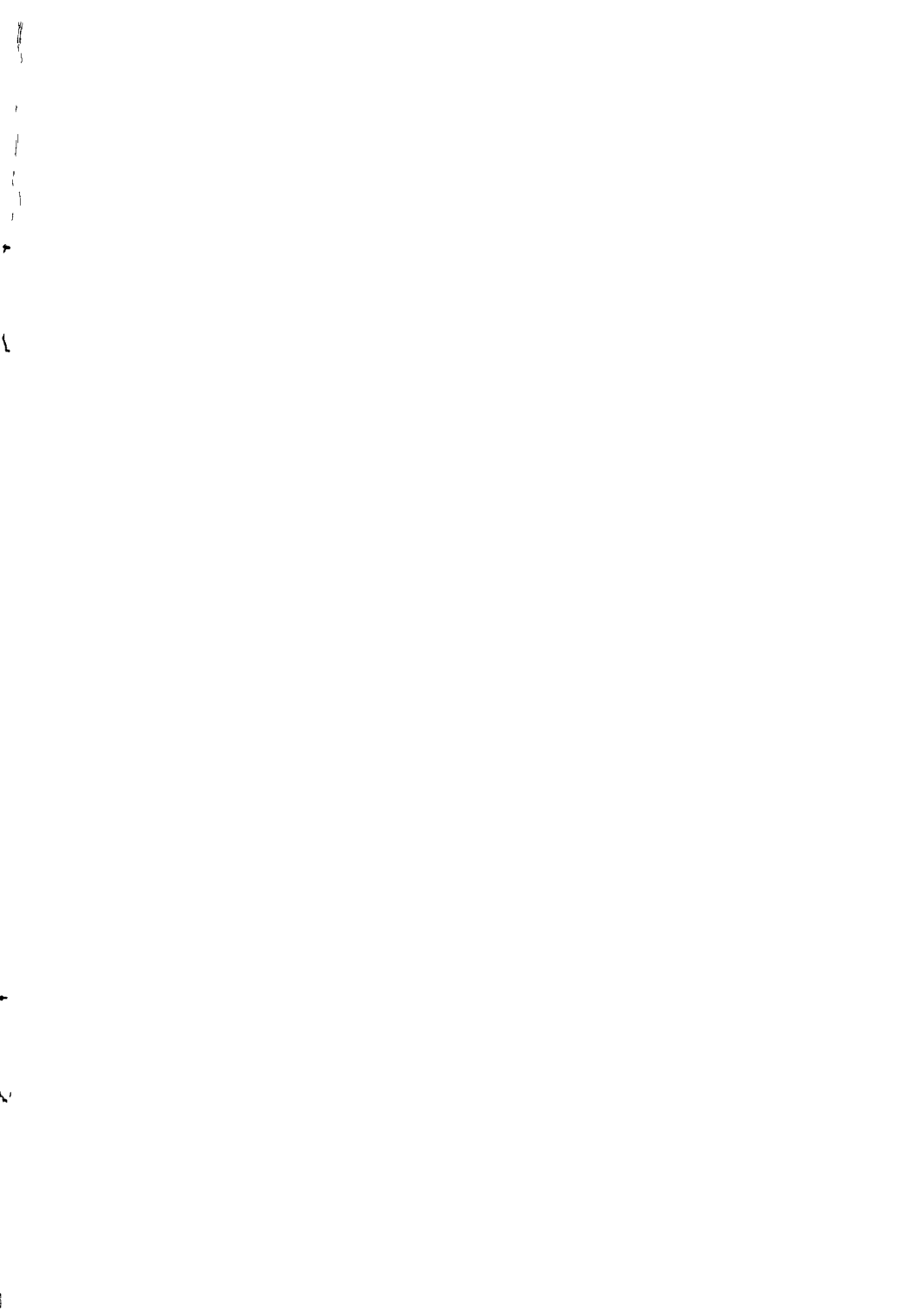
Формат бумаги 60 × 90/16 Бум. множит.

Усл. печ. л. 1,75. Уч.-изд. л. 1,65. Тираж 100. Заказ № 331

РИЦ МГИУ, 115280, Москва, Автозаводская, 16

Тел (095) 277-23-15





2003-A

9097

#-9097