МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ УКРАИНЫ
УКРАИНСКИЙ ТРАНСПОРТНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

На правах рукописи

ПОЛИЩУК Владимир Петрович

УДК 656.13.073

АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ УПРАВЛЕНИЕ ДВИЖЕНИЕМ НА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГАХ

Специальность: 05.22.01 – транспортные системы

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
доктора технических наук

Киев - 1996

Диссертация является рукопись

Работа выполнена в Украинском транспортном университете

Научный консультант – академик ВАСИЛЬЕВ Александр Петрович

Официальные оппоненты – доктор технических наук, профессор
КАРАНДАКОВ Геннадий Васильевич
– доктор технических наук, профессор
СИЛЬЯНОВ Валентин Васильевич
– доктор технических наук, профессор
ГАВРИЛОВ Эдуард Васильевич

Ведущая организация – Государственный дорожный научно-исследовательский институт

Защита состоится "20" декабря 1996 года в 10⁰⁰ часов на заседании специализированного Ученого Совета Д01.27.01 при Украинском транспортном университете по адресу: 252010, Киев-10, ул.Суворова, 1.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Украинского транспортного университета.

Автореферат разослан "18" декабря 1996 г.

Ученый секретарь
специализированного Ученого Совета
профессор Ю.С.ЛИГУМ.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность проблемы. Развитие автомобильного транспорта — одно из важнейших достижений технического прогресса XX столетия. Сегодня нет такого уголка в мире, где бы автомобиль не стал органическим и крайне необходимым элементом экономической и общественной жизни страны. Автомобильный транспорт является той областью экономики, без которой сейчас трудно представить развитие какой-либо отрасли народного хозяйства.

Наряду с большой пользой, которую несет обществу развитие автомобильного транспорта, на многих магистралях возникают проблемы, связанные с чрезмерным скоплением автомобилей, с перенапряжением движения, в результате чего преимущества от использования автомобильного транспорта снижаются. Одна из них заключается в том, что скопление автомобилей на дорогах и улицах влечет за собой снижение скорости движения, способствует образованию заторов, что в свою очередь, обусловливает потери времени, увеличивает себестоимость перевозок, снижает производительность автомобильного транспорта.

Чем насыщеннее некоторый район автомобилями, чем больше в нем плотность населения, тем чаще происходят на автомобильных дорогах столкновения автомобилей, наезды на пешеходов и другие дорожно-транспортные происшествия.

Рассмотрение и решение перечисленных проблем предполагает повышение экономичности, безопасности и комфортабельности движения, рациональное планирование затрат на улучшение дорожных условий. Все эти вопросы наиболее эффективно способна рассмотреть сравнительно новая отрасль техники, получившая наименование "организация дорожного движения" и включающая в себя планирование дорожных сетей, проектирование геометрии дорог, планировочные решения по размещению дорожных сооружений, а также управление движением транспортных потоков.

Научной основой организации движения на автомобильных дорогах являются исследования основных законов движения потока транспорта в различных, но типичных дорожных условиях; базой таких исследований являются статистические наблюдения за скоростью, интенсивностью и плотностью движения, математическое моделирование транспортных потоков, статистика дорожно-транспортных происшествий.

В свете современных идей организации движения — это проек-

тирование оптимального или, в большинстве случаев, оптимизация уже существующего биотехнического комплекса, включающего в себя множества автомобилей, водителей, пассажиров, пешеходов и окружающую среду в первую очередь — автомобильную дорогу. Совершенно очевидно, что речь идет о сложной системе, а организация движения возможна на основе системного подхода к решению перечисленных задач.

Возможно, именно отсутствием надлежащего системного подхода можно объяснить отсутствие в нашей стране специальных научных, методических и организационных центров, а также специальной администрации по организации дорожного движения в целом.

Транспортные потоки на автомобильных дорогах движутся в постоянно изменяющихся условиях. Эти изменения происходят из-за сезонных и суточных колебаний интенсивности и состава движения, метеорологических условий и состояния дорог. Техническое совершенствование дороги и повышение уровня содержания значительно сокращает колебания ее транспортно-эксплуатационных качеств во времени и под воздействием погодно-климатических факторов, но не могут исключить их полностью. Оперативное управление движением является неизбежной необходимостью и должно быть тем более широким и гибким, чем больше амплитуда изменений в условиях движения.

Управление дорожным движением является составной частью управления и функционированием дорожно-транспортной системы в целом и может осуществляться на уровне управления дорожным движением на сети существующих дорог, на отдельно взятой дороге или на участке дороги.

В зависимости от требуемого уровня управления формулируются конкретные задачи, разрабатываются методы управления, определяются технические средства.

Стратегия управления систем исходит из основной цели, которая заключается в повышении эффективности работы автомобильного транспорта и автомобильной дороги, повышения удобства и безопасности движения. На технологическом уровне целью является достижение удовлетворительного компромисса между задержками первого рода (задержки на въездах), задержками второго рода (задержками, вызванными снижением скорости и повышением плотности движения).

Как и к любой системе управления, к системам управления до-

рожным движением предъявляются требования в отношении пропускной способности, экономичности, надежности и совместимости. Однако специфика движения автомобильного транспорта накладывает значительные ограничения на разнообразие применяемых методов управления.

Решаемая проблема – обеспечение безопасных, экономичный и удобных перевозок и пассажиров на автомобильных дорогах с использованием автоматизированного управления движением. Работа выполнялась автором в течение последних 20 лет в соответствии с Планами научно-исследовательских работ Миндорстроя УССР на 1975 – 1980, 1981 – 1985, 1986 – 1990 гг., а с 1991 г. – в соответствии с научно-технической программой "Транспорт" Минтранса Украины.

Цель работы – разработать теоретические основы и практические методы проектирования автоматизированных систем управления движением на автомобильных дорогах.

Эффективность методологии проектирования обеспечивается системным подходом и применением логистики.

Методы исследования базировались на теории больших систем; основой исследований является системный подход к изучению проблемы, поэтому в качестве средств решения использовались морфологическое, функциональное и информационное описания процесса управления движением как логистически обоснованной процедуры; структурирование системы; теория автомобильных перевозок, информации, транспортных потоков, транспортно-эксплуатационных качеств автомобильных дорог; математическое моделирование; машинное имитационное моделирование.

Объектами исследования являлись методологические основы и практика проектирования автоматизированного управления движением в различных условиях эксплуатации.

Научная новизна диссертационной работы состоит прежде всего в рассмотрении проблемы автоматизированного управления движением с позиций системного анализа и логистики, а также в том, что:

- выполнено на основе системного анализа исследование системы "дорожные условия – транспортные потоки" как основы создания автоматизированных систем управления движением на автомобильных дорогах;

- разработано информационное обеспечение автоматизированно-

го управления движением с позиций общих принципов логистики на основе теории информаций как составляющей части маркетинговой информации;

- впервые выполнено на основе методов системного анализа описание автоматизированного управления движением в виде иерархической структуры элементов и их взаимосвязей, что позволило рассматривать управление движением как систему взаимосвязанных элементов, а также ее формализацию в различных условиях эксплуатации;

- впервые на основе методов системного анализа проведено структурирование автоматизированного управления движением и доказана многокритериальность управления дорожным движением на различных уровнях;

- впервые на основе спектрально-корреляционной теории транспортного потока выполнена пространственно-временная дискретизация характеристик транспортного потока для сбора информации о состоянии нелинейных пространственно-временных процессов;

- впервые предложено классифицировать типовые элементы управления как основы мульти-модального принципа построения автоматизированного управления движением;

- на основе теории транспортных потоков впервые предложена стратегия и критерии управления движением на различных уровнях в различных "критических ситуациях", а также в ординарных условиях существования АСУД;

- впервые на основе методов системного анализа разработаны принципы автоматизированного управления движением на узле автомобильных дорог крупного города как иерархической структуры элементов управления на всех дорогах узла.

Достоверность научных положений, основных выводов и рекомендаций обеспечиваются:

- методологией исследования, основанной на теории больших систем, современных методах исследования и широком применении машинного моделирования;

- анализом большого массива исходных факторов и множественностью проведенных экспериментов по формированию систем автоматизированного управления движением на основе человеко-машинного программного комплекса;

- положительными результатами внедрения научно-методических положений в практику проектирования, что подтверждается соот-

ветствующими результатами опытного внедрения I-ой очереди АСУД;

- моделированием и трансформацией системы автоматизированного управления движением с учетом многообразия ограничений параметров в реальных условиях эксплуатации;

- создание информационного обеспечения на основе теории информации.

Практическая ценность состоит в разработке методик, алгоритмов и программ на ЭВМ для моделирования, построения и оптимизации структуры автоматизированного управления движением, стратегии управления в различных "критических ситуациях", а также создании человеко-машинного программного комплекса с учетом условий эксплуатации и возможности проверки по целому ряду ограничений в оперативном режиме управления; создании информационного обеспечения в виде информационно-поисковой системы для оценки условий движения и принятия управляющих воздействий на транспортный поток. Предложенные в исследовании методики и их опытная реализация подтвердили свою эффективность в реальных условиях создания автоматизированных систем управления движением на дорогах Киев – Харьков, Киев – Одесса и на дорогах Киевского узла.

Отдельные положения работы изложены в учебных пособиях, статьях, используются студентами и слушателями факультета повышения квалификации ряда ВУЗов при изучении дисциплин "Организация дорожного движения", "Автомобильные перевозки и безопасность движения", "Автоматизированное управление дорожным движением", а также при выполнении лабораторных работ, курсового и дипломного проектирования и аттестационно-выпускных работ. На основании полученных результатов созданы новые разделы и дисциплина по специальности "Организация дорожного движения".

Реализация работы осуществлялась поэтапным внедрением результатов выполненных научно-исследовательских работ в системе Миндорстроя УССР, а затем корпорации Укравтодор на автомобильных дорогах Киев – Харьков, Киев – Одесса и на дорогах Киевского узла.

Апробация работы. Основные положения и конкретные разработки докладывались на XXX – LII научно-исследовательских конференциях КАДИ и УТУ в 1974 – 1996 гг.; на II научно-технической

конференции стран-членов СЭВ по проблемам безопасности движения в Карловых Варах (ЧССР) в 1980 г.; на I – VI межвузовских научно-технических конференциях "Пути повышения безопасности движения" в 1972 – 1991 гг.; на II и III краевых научно-технических конференциях Краснодарского краевого правления ВНТО АТ и 1-х в 1989 – 1990 гг.; на международной научной конференции КАДИ в 1994 г.

Структура и объем работы. Принятая структура и последовательность изложения продиктованы последовательностью и взаимозависимостью элементов, составляющих систему управления движением. Объем диссертации составляет 467 страниц, в том числе 334 страницы основного машинописного текста, 102 рисунка, 16 таблиц. Список литературы включает 116 наименований. В приложении помещены алгоритмы стратегии управления движением на автомобильных дорогах для практического их приложения, а также документы, подтверждающие апробацию и внедрение результатов работы.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В первой главе изложены существующие методы автоматизированного управления движением. Состояние вопроса проектирования автоматизированных систем управления движением рассмотрено в трех аспектах: автоматизированное управление движением на улично-дорожной сети городов, автоматизированное управление движением на автомобильных дорогах и критерии определения эффективности систем управления движением.

Вопросы, связанные с созданием автоматизированных систем управления движением нашли отражение в работах проф. Сильянова В.В., Лобанова Е.М., Хомяка Я.В., Амбарцумяна В.В., Васильева А.П., Брайловского Н.О., Четверухина Б.М., Шештокаса В.В., Клинкевштейна Г.И., Коноплянко В.И., а также Печерского М.П., Кременца Ю.А., Фримштейна М.И., Якушина Л.А., Хилажева Е.Б., Хоровича Б.Г., Грановского Б.И., Сытника В.Н., Романова А.Г., Шелкова Ю.Д., Капитанова В.Т., Гаврилова А.А., Афанасьева М.Б., Гукова Н.И., Ересова В.И., Красильниковой О.В., Кунды Н.Т., Дзюбы А.П., Рейцена Е.А. и др.

Системы автоматизированного управления движением делятся на три группы:

1. Системы автоматизированного управления движением в горо-

де;

2. Системы автоматизированного управления движением на одной автомобильной дороге;

3. Системы автоматизированного управления движением на сети дорог.

АСУ движением в городе может базироваться на разных критериях. Задача – улучшить условия движения на главных городских магистралях. Задачей АСУ является минимизация транспортных затрат благодаря оптимальному использованию пропускной способности уличной сети (минимизация времени сообщения). АСУ находят все большее применение в городах. Общие принципы их сводятся к следующему. На основании информации управляющий вычислительный комплекс системы выбирает заранее составленную программу регулирования, в наибольшей степени соответствующую этим условиям.

Анализ отечественного и зарубежного опыта создания систем управления движением показал, что указанный принцип управления обеспечивается рядом методов: управлением режима работы светофоров, заданием скорости движения, изменением числа полос, регулированием интенсивности движения, указанием маршрута движения, обеспечением преимущественного проезда.

С ростом интенсивности движения, несмотря на совершенствование дорожных условий, стало ясно, что многие дороги (особенно на подходах к городам) оказались со временем перегруженными и скорости движения потоков автомобилей снизились. При этом главной причиной заторов является неограниченный доступ автомобилей на магистраль с примыкающих въездов. В связи с этим возникла необходимость введения автоматизированной системы управления движением на дорогах. Все существующие системы подобного рода основаны на одном принципе управления – ограничение въезда автомобилей на магистраль, а вопросы оповещения водителей решаются по-разному.

Всякий процесс управления предполагает наличие цели, на достижение которой направлено функционирование системы управления. При этом качество функционирования или критерий эффективности системы управления следует понимать как степень ее приспособленности к выполнению стоящей перед ней задачи.

В самом общем виде цель управления сводится к поддержанию на конечном временном интервале минимума (максимума) некоторого функционала ***M***:

$$M(x, u) \rightarrow min\ (max),$$

где x – вектор состояния управляемого объекта;

u – вектор соответствующих управляющих воздействий.

Если мы обсуждаем вопрос достижения наилучшего значения данной функции (т.е. возможность), тогда от управления дорожным движением требуется, по крайней мере, обеспечить эффективное функционирование дорожного движения (в смысле максимизации интенсивности движения) и его безопасность.

С недавнего времени в качестве особенно важных стали рассматривать также следующие четыре функции: предупреждение загрязнения окружающей среды и чрезмерного уровня шума, создаваемого дорожным движением; минимизация потребления энергии при движении автомобиля; предупреждение возникновения и распространения транспортных беспорядков, вызванных заторами или дорожно-транспортными происшествиями; предупреждение полного транспортного хаоса.

Вопросы проектирования автоматизированных систем управления движением в теории перевозок и транспортных систем мало исследованы. Большинство публикаций в периодических изданиях и проспектах отдельных фирм носит обзорный, постановочный или рекламный характер, где значительное внимание уделяется технической реализации АСУД. Отечественные исследователи касались отдельных аспектов этой проблемы, в основном связанных с особенностями проектирования и создания автоматизированных систем управления движением в городах, особенностями технико-эксплуатационных показателей, адаптацией технических возможностей реализации предложенных решений к конкретным условиям движения на улично-дорожной сети. Различным аспектам проблемы разработки автоматизированного управления движением посвящены работы таких ведущих научных организаций СНГ, как МостранснИИпроект, НИИАТ, Гипродор НИИ, МАДИ, ХАДИ, УТУ, НИЦ БД МВД России и др.

Однако имеющиеся разработки не дали окончательного решения, поскольку не учитывали многих сложных аспектов как в условиях движения на улично-дорожной сети, так и отсутствие решений в теории транспортных потоков, являющейся основой принятия управляющих воздействий в автоматизированных системах управления движением. В отдельных работах наметился подход к проектирова-

нию автоматизированных систем управления движением на автомобильных дорогах, однако попытка реализации этого подхода не дала возможности получить обобщающие результаты и не увенчалась успехом. Зарубежные публикации по вопросам создания АСУД на автомобильных дорогах не носят аналитического характера и не затрагивают типизации элементов управления, критериальности выбора управляющего воздействия на транспортный поток, не дают обобщения опыта. Тем не менее стало возможным получить основные технические характеристики таких систем,, реализованных в США, Федеративной Республике Германии, Франции, Великобритании и др. странах.

С уверенностью можно констатировать тот факт, что ни в одной из имеющихся работ не просматривается комплексный подход к проектированию АСУД на автомобильных дорогах, достаточно полно не выявлена ее специфика, не намечены пути оптимизации составляющих ее элементов.

Вторая глава посвящена разработке и исследованию системы "дорожные условия – транспортные потоки" как основы создания автоматизированных систем управления движением на автомобильных дорогах.

Автомобильный транспорт представляет собой сложную систему, состоящую из множества автомобилей, путей сообщения, ремонтных предприятий и целого ряда структурных подразделений различных министерств и ведомств, целого ряда специальных служб, выполняющих определенные функции в происходящих на автомобильном транспорте процессах.

Сложность управления автомобильным транспортом как системой усугубляется децентрализацией этой системы. Подвижной состав на автомобильном транспорте и пути сообщения, т.е. автомобильные дороги, подчинены разным ведомствам, причем подвижной состав используется различными ведомствами в различных целях, что обусловливает различные требования к его эксплуатации и различные показатели работы отдельных автохозяйств. Часть подвижного состава находится в частном пользовании, причем со временем эта часть значительно возрастает.

Продукцией автомобильного транспорта, как и всех других видов транспорта, являются перевозки, а основным производственным процессом – движение транспортных потоков. Движение транспортных потоков может быть реализовано только при наличии пу-

тей сообщения, от количества и размещения которых во многом зависит производительность труда на транспорте и другие показатели его работы, в частности, показатели основного производственного процесса – движения. Таким образом, из общей системы автомобильного транспорта может и должна быть выделена частная система "дорожные условия – транспортные потоки", в которой и осуществляется основной производственный (перевозочный) процесс – движение транспортных потоков (рис. 1).

При оптимизации управления системой "дорожные условия – транспортные потоки" можно стремиться к достижению различных целей (критериев оптимальности), и в зависимости от этих целей рассматривать различные задачи оптимального управления. На автомобильном транспорте, включая в это понятие систему путей сообщения, наиболее важными представляются следующие задачи: обеспечение наименьшего времени сообщения при ограниченных и заранее заданных дорожных затратах; обеспечение заданного (расчетного) времени сообщения при возможно наименьших дорожных затратах; обеспечение наименьших транспортных затрат при ограниченном (заданном) уровне дорожных затрат; обеспечение наименьших дорожных затрат при ограниченном (заданном) уровне транспортных затрат; обеспечение максимальной пропускной способности дороги при ограниченном (заданном) уровне дорожно-транспортных затрат; обеспечение максимально возможного уровня безопасности движения при ограниченном (заданном) уровне дорожно-транспортных затрат; обеспечение заданного (требуемого) уровня безопасности движения при наименьших возможных дорожно-транспортных затратах; достижение минимума дорожно-транспортных затрат при условии обеспечения заданного объема перевозок (движения), заданной скорости и требуемой безопасности движения.

Наиболее важной является задача по минимизации дорожно-транспортных затрат при условии обеспечения заданного объема перевозок, заданной скорости и безопасности движения. Математическая модель этой задачи, т.е. математическая модель оптимального управления системой "дорожные условия – транспортные потоки" может быть представлена в следующем виде:

$$E = min\ ,$$

$$A_v \geq N$$

$$V \geq \bar{V}$$
$$K_\delta \geq \bar{K}_\delta$$

где l_{ij} – маршрут между корреспондирующими пунктами i и j; E – суммарные приведенные дорожно-транспортные затраты; A_v – пропускная способность дороги при скорости движения транспортного потока $\bar{V}$; N – интенсивность движения; V – средняя скорость движения транспортного потока; $\bar{V}$ – заданный уровень скорости движения транспортного потока; K_δ — коэффициент безопасности движения; $\bar{K}_\delta$ – заданное минимальное значение коэффициента безопасности движения.

Следует подчеркнуть, что решение основной задачи не исключает, а наоборот, предполагает исследование и других вышеперечисленных задач, которые по отношению к основной являются частными.

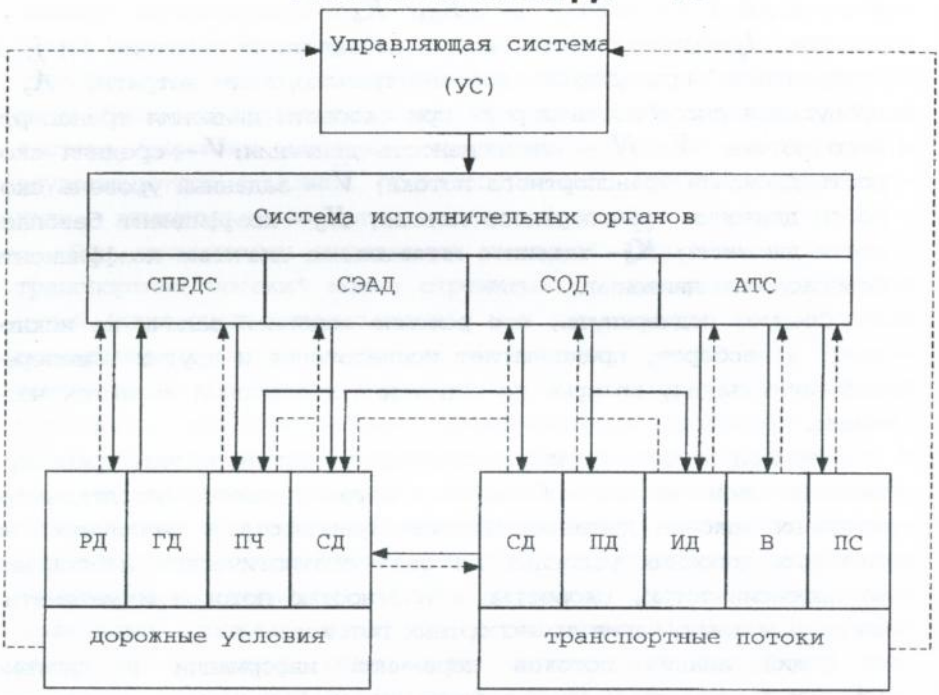
Научной основой оптимального управления движением транспортных потоков на автомобильных дорогах является исследование основных законов движения потоков транспорта в различных, но типичных дорожных условиях на базе статистических наблюдений за интенсивностью, скоростью и плотностью потоков и математического моделирования транспортных потоков.

Общий анализ потоков первичной информации в системе "дорожные условия – транспортные потоки" показывает, что всю массу сообщений, связанную и оптимизацией этой системы, можно разделить на две основные группы, первая из которых включает единичные (отдельные) сообщения, отделенные друг от друга отрезками времени, исчисляемыми несколькими годами или даже десятками лет, а вторая, наоборот, требует проведения нескольких наблюдений или даже десятков наблюдений в течение одного года.

К группе единичных сообщений можно относить:

а) Сообщения о процессах, не изменяющихся во времени или изменяющихся очень медленно – это в первую очередь изменения природных условий района: топографии климата, гидрологических и гидрогеологических режимов, грунтов, геологии, растительности и др. Сообщения этого типа изменяются в основном только в связи с преобразовательной деятельностью человека (постройкагидроузлов, населенных пунктов и промышленных предприятий, облесение и т.д.) и с достижениями науки и техники, позволяющими вносить поправки и уточнения в ранее имевшуюся информацию;

Рис. 1. Система ДУ — ТП



——— — Прямая связь

- - - - - → — Обратная связь

СПРДС — служба планирования развития дорожных сетей;

СЭАД — строительство и эксплуатация автомобильных дорог;

СОД — служба организации движения;

АТС — автотранспортная служба;

РД — размещение дорог;

ГД — геометрия дорог;

ПЧ — проезжая часть;

ОД — обстановка дороги;

СД — скорость движения;

ПР — плотность движения;

В — водители;

ИД — интенсивность движения;

ПС — подвижной состав.

б) Сообщения о процессах, изменяющихся более быстро. Это процессы, изучающиеся, главным образом, в связи с социально-экономическими изменениями: развитие производительных сил района, транспортных связей, поток грузовых и пассажирских перевозок, изменения геометрии дорог и сооружений на них, качества покрытий и другие, а также в связи с безаварийностью движения и работы дорог. Информация этого типа, как правило, собирается с интервалом в несколько лет.

К группе массовых сообщений надо относить сообщения о характеристиках движения автомобильных потоков.

Из всех рассмотренных видов первичной информации этот вид является наиболее подвижным во времени. Он складывается из показаний о параметрах движения отдельных автомобилей и характерен циклическими изменениями в течение недели, сезона, года; требует сбора данных по всей протяженности дороги или на специально выделенных для этого участках дороги по всем дорогам района в течение года по специальному графику; отражает изменение экономики района, состояние дорог и сооружений; отражает тенденцию к непрерывному росту интенсивности и изменению состава движения.

В третьей главе рассматриваются вопросы сбора и переработки информации о характеристиках системы "дорожные условия – транспортные потоки". Анализ различной информации, существующей в системе "ДУ – ТП", дал основания полагать, что для целей выявления состояния этой системы и ее прогноза на перспективу возможно использовать тридцать показателей, которые были сведены в специальную информационную форму в виде карточки. Эти тридцать показателей характеризуют две подсистемы: и "дорожные условия" и "транспортные потоки" (рис. 2). Каждая информационная форма о системе "ДУ – ТП" составляется на отдельный участок автомобильной дороги, показатели которого характерны по всей его длине. Первая часть информационной карточки о системе "ДУ – ТП" содержит пятнадцать показателей, необходимых для оценки состояния участка автомобильной дороги по аварийности и его прогноза. Вторая часть информационной карточки о системе "ДУ – ТП" предназначена для оценки условий движения на участке автомобильной дороги.

Разработана методика оценки состояния системы "дорожные условия – транспортные потоки", включающая расчет показателей

АВТОМОБИЛЬНАЯ ДОРОГА ПРОТЯЖЕНИЕ – 73 км ШИФР – II
УЧАСТОК КМ-65 – КМ-78 КОД – IV

№№ п/п	ПОКАЗАТЕЛИ	ЕДИН. ИЗМ.	ГОДЫ 71	72	73	обозначения	КОЭФФИЦИЕНТЫ АВАРИЙНОСТИ ГОДЫ 71	72	73
1	интенсивность движения	авт/сут	3100	3400	4436	K_1	0,75	0,75	0,75
2	ширина проезжей части	м	7,0	7,0	7,0	K_2	1,5	1,5	1,5
3	ширина обочин	м	2,5	2,5	2,0	K_3	1,2	1,2	1,2
4	максимальный продольный уклон	‰	20	20	20	K_4	1,0	1,0	1,0
5	минимальный радиус кривой в плане	м	> 2	> 2	>2	K_5	10	10	10
6	видимость в плане видимость в профиле	мм	500	500	500	K_6	10	10	10
7	ширина проезжей части мостов по отношению к проезжей части дороги		< 1	< 1	равна	K_7	60	60	30
8	длина прямых участков	км	3	3	3	K_8	1,0	1,0	1,0
9	тип пересечения с примыкающей дорогой		в одном уровне	в одном уровне	в одном уровне	K_9	1,5	1,5	1,5
10	пересечение в одном уровне при интенсивности движения		3100	3400	3110	K_{10}	2,0	2,0	2,0
11	видимость пересечения в одном уровне	м	>60	>60	>60	K_{11}	1,0	1,0	1,0
12	число полос движения на проезжей части	шт.	2	2	2	K_{12}	1,0	1,0	1,0
13	расстояние от застройки до проезжей части	м	6 10	6 10	6 10	K_{13}	5,0	5,0	5,0
14	расстояние от населенного пункта		до 200	до 200	до 200	K_{14}	2,0	2,0	2,0
15	величина коэффициента сцепления и характеристика покрытия		0,6	0,6	0,6	K_{15}	1,3	1,3	1,3
						$\sum K_{ав}$	115,9	115,9	157,95

№№ п/п	ПОКАЗАТЕЛИ		ЕДИН. ИЗМ.	ГОДЫ 71	72	73	обозначения	Производимые мероприятия по улучшению условий движения
16	количество подъемов (спусков) с уклоном >50°			–	–	–		
17	количество кривых с радиусом меньше 200 м			–	–	–		
18	количество участков с ограниченной скоростью <60 км/час		шт	–	–	1		
19	наибольшее ограничение скорости		км/ч	–	–	30		
20	тип покрытия			ц/щ	ц/щ	ц/щ		
21	интенсивность движения в час "пик"		авт/ч	310	340	363	M_a	
22	Состав движения	грузовые	%	45	45	38,3	$Г_р$	
		легковые	%	35	35	32,8	Л	
		автопоезда	%	10	10	18,7	АВП	
		автобусы	%	9	9	7,1	АВТ	
		мотоциклы	%	1	1	5,1	М	
23	средняя скорость движения		км/ч	85	85	85	$V_{ср}$	
24	средняя свободная скорость движения		км/ч	90	90	90	$V_{ф}$	
25	путевая скорость движения легкового автомобиля		км/ч	70	70	70	V_0	
26	оптимальная скорость движения		км/ч	44,7	44,7	44,7	$V_{опт}$	
27	максимальная пропускная способность		авт/ч	2746	2746	27,46	$Δ_{пик}$	
28	уровень загрузки			0,11	0,12	0,13	Z	
29	минимальный коэффициент безопасности			1,0	1,0	1,0	КБ	
30	фактическая аварийность							

Рис. 2. Информационная форма системы "дорожные условия – транспортные потоки" (пример)

информационной формы, прогноз состояния системы, основанный на прогнозировании величины интенсивности движения, а также оценке аварийности движения на каждом участке дороги.

В условиях увеличения интенсивности и плотности движения на автомобильных дорогах достоверная информация о дорожном движении может быть получена только на основе автоматизации ее сбора. В результате анализа факторов, влияющих на траекторию передвижения транспортных средств, предложена целевая функция выбора метода и соответствующей структуры учетного пункта, обеспечивающего максимально достоверную информацию о дорожном движении:

$$C=f(N, Y_Д, Y_П),$$

где C – структура учетного пункта;
N – интенсивность дорожного движения;
$Y_Д$, $Y_П$ – соответственно дорожные и погодно-климатические условия.

Основными методами сбора информации о дорожном движении являются последовательный, параллельный и комбинированный. Применимость того или иного метода сбора информации о дорожном движении в конкретных дорожных и погодно-климатических условиях определяется комплексом показателей, основным из которых является достоверность получаемой информации.

В четвертой главе разработаны структура автоматизированной системы управления движением, а также типовые элементы управления движением на автомобильных дорогах. Представление об управлении как об информационном процессе, состоящем из этапов (процедур) получения, сбора, передачи и обработки данных, поступающих из внешней среды и по обратной связи от управляемого объекта, как раз и позволяет реализовать возможность такой настройки системы управления (СУ).

Следует отметить, что сбор и предварительная обработка данных – это лишь часть процедур общего алгоритма управления (см. для подготовки решения необходимо проанализировать полученные данные и найти оптимальный вариант решения; наилучший с учетом имеющихся ограничений). В АСУ эта процедура (в отличие от систем обработки данных) обязательно автоматизируется. С этой целью выбирается критерий оптимальности и применяются специальные экономико-математические методы подготов-

ки оптимальных решений в соответствии с заданным критерием и ограничениями. В системе управления движением все функции разделены на три уровня:

Уровень I (локальное управление): обнаружение сложных ситуаций и в случае их появления изменение управления; переход на локальное управление в случае неисправности связи с ЭВМ.

Уровень II (координированное управление): управление локальное изолированное или в системе; управление локальное координированное или в системе; изменение плана управления; контроль работы датчиков; управление сложными пересечениями.

Уровень III (централизованное управление): исполнение оперативного плана управления; изменение планов; преобразование данных от датчиков; управление в зависимости от сложных ситуаций; синхронизация передачи данных; контроль и сигнализация повреждений; формирование параметров процесса дорожного движения; рапорты и сообщения о состоянии наблюдаемого процесса.

Центр управления может иметь следующие функции: формулирование целей управления для уровня II; представление состояния условий движения на сети на специальных картах района и мнемосхеме; ручное управление отдельными пересечениями с пульта оператора; преобразование информации о процессе и прогноз его состояния; подготовка и разработка планов управления; наблюдение процесса движения в "узких" местах сети с помощью телевидения; формирование стоянок автомобилей; дорожная информация о маршрутах; информация о стоянках; руководство обслуживанием системы. Объектом управления в указанных системах является транспортный поток. Управление сложной динамической системой, подвергающейся воздействию изменчивой внешней среды, сопряжено с необходимостью привлечения огромных объемов информации. Поэтому структура управляющей системы строится по иерархическому принципу. Выбор рациональной структуры управления сложной системой — проблема необычайно трудная. В рационально организованной иерархической управляющей системе каждый ее m-й уровень осуществляет управление (m - 1)-й ступенью и одновременно управляется (m + 1)-м уровнем. Все уровни информационно связаны между собой:

информация, поступающая от объекта управления, движется в противоположном направлении — от нижних уровней к верхним и при этом последовательно "сжимается";

чем самостоятельнее функционирует каждый уровень управления, тем больше информации он "поглощает" и тем меньше ее поступает от него в последующий уровень. Максимальная самостоятельность каждого уровня управления в рамках компетенции и последовательное "сжатие" информации – главное условие эффективности многоуровневого управления;

функционирование управляемой системы как единого целого достигается согласованием целей управления каждым ее элементом и их совокупностей с целями, стоящими перед системой. Это значит, что иерархия управляющей системы ставится в соответствие иерархии целей.

Используя диалектический подход к решению данной задачи, можно найти его на пути "от частного к общему". Так, вся сеть автомобильных дорог и отдельная дорога могут быть разделены на типовые элементы управления движением при фиксации состояния системы ДУ – ТП на сети и отдельной дороге в какой-то момент времени. Число этих элементов будет зависеть от развития сети и появления новых мест, требующих управления движением. Можно утверждать, что существует только увеличение или уменьшение числа типовых элементов управления, а появление новых видов исключено. На автомобильных дорогах проведена классификация типовых элементов управления движением, которая положена в основу разработки принципов управления на автомобильной дороге: 1) крупные пересечения и примыкания в разных уровнях, на которых возможно изменение траектории движения основного потока (т.е. управление изменением объема движения по основному направлению при распределении интенсивности движения и регулировании въезда на основную дорогу); 2) крупные пересечения и примыкания в одном уровне, на которых возможно изменение траектории движения основного потока (т.е. управление изменением объема движения при распределении интенсивности движения и регулировании въезда на основную дорогу и ее пересечение); 3) перегоны между крупными пересечениями, на которых возможно регулирование скоростей и интенсивности движения, в том числе и по погодным условиям; 4) перегоны в населенных пунктах, на которых возможно регулирование въезда на основную дорогу и скоростей движения, а также пешеходного движения с помощью светофорной сигнализации; 5) перекрестки, на которых возможен только въезд и съезд с основной дороги (т.е. регулирование въезда

по вливанию в поток на основной дороге и скоростей движения); 6) пересечение с железной дорогой в одном уровне, на котором возможно управление проезда с помощью светофорной сигнализации; 7) стоянки транспорта, на которых возможно управление выездом автомобилей на основную дорогу; 8) места отдыха и видовые площадки, на которых возможно управление выездом автомобилей на основную дорогу; 9) места интенсивного пешеходного движения, на которых возможно регулирование перехода основной дороги в одном уровне с помощью специальной светофорной сигнализации.

Приведенная классификация типовых элементов управления движением позволяет сформулировать способы управления на каждом элементе.

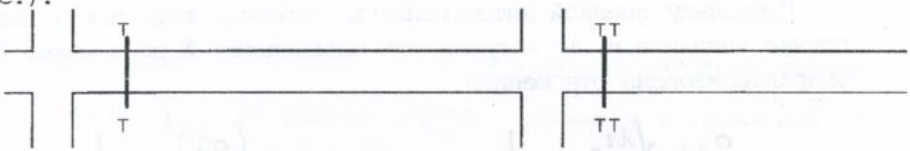
В пятой главе представлены теоретические и практические методы разработки подсистем "информационное обеспечение" и "информационное отображение" в автоматизированных системах управления движением на автомобильных дорогах.

Автоматизированные системы управления движением на автомобильных дорогах состоят из трех основных подсистем: 1. Подсистема сбора и обработки информации о состоянии системы "дорожные условия — транспортные потоки" (подсистема обеспечения АСУД). 2. Подсистема принятия решения о методе управления движением (подсистема математического обеспечения АСУД). 3. Подсистема передачи и представления принятого решения по управлению для участников движения (подсистема информационного отображения АСУД).

Разработанная стратегия управления движением базируется на информации об условиях движения, усредненной за определенные интервалы, обусловливающие репрезентативность выборок. Но главной задачей является необходимость определения величины реального масштаба времени как критерия возможности управления транспортным потоком. При этом, с одной стороны, величина этого масштаба времени должна быть такой, чтобы не вызвать у участников движения иллюзии неисправности аппаратуры отображения информации. А с другой стороны, масштаб времени должен быть достаточным для сбора исходных данных об условиях движения, необходимых для выработки правильных управляющих воздействий. Таким образом, для решения поставленной задачи ограничивающим условием является второе.

Одновременно с этим, при управлении движением в реальном масштабе времени возникает задача своевременности управляющего воздействия с тем, чтобы обеспечить эффективную работу АСУД. При этом необходимо рассмотреть два случая сочетаний сбора информации и управляющего воздействия.

Случай 1. Информацию о характеристиках транспортных потоков и погодно-климатических условиях получаем в сечении I-I (см. рис.).



Необходимо решить задачу о том, можно ли, получив информацию в сечении I-I, управлять транспортным потоком в этом же сечении, но через период оперативного управления с учетом реальности масштаба времени?

Случай 2. Если невозможно управлять движением при условии, представленном в случае 1, необходимо решить задачу: на каком расстоянии от сечения I-I управление транспортным потоком будет адекватным полученной информации в сечении I-I?

Случай 3. При наличии нескольких сечений, в которых осуществляется сбор информации о характеристиках транспортных потоков и погодно-климатических условиях (сечения I-I и II-II), решить задачу: какое расстояние должно быть между сечениями при наличии случая 1 и случая 2 и их сочетании?

Кроме того, для разработки алгоритмов усреднения информации в пункте управления движением необходимо определить минимально необходимый объем первичной информации, получаемый от периферийных контрольных пунктов, а также периодичность ее обновления в центре управления. Это позволит определить необходимый объем памяти технических средств АСУД и требуемое быстродействие.

Примем, что транспортный поток на подходе к сечению дороги, в котором осуществляется сбор информации о характеристиках транспортных потоков, подчиняется пуассоновскому закону распределения моментов прибытия транспортных средств:

$$P_n = \frac{(\lambda\tau_o)^n}{n!} e^{-\lambda\tau_o}$$

где n – число транспортных средств, прибывающих в сечение

I-I за время τ_o; P_n – вероятность выполнения этого условия; λ – интенсивность движения.

Для пуассоновского закона распределения характерным является равенство среднего числа транспортных средств (μ) за единицу времени и дисперсии интенсивности движения (σ_λ^2) при достаточно продолжительных выборках, т.е. $\mu = \sigma_\lambda^2$, тогда $\sigma_\lambda = \sqrt{\lambda\tau_o}$.

Поскольку оценкой интенсивности движения является в данном случае величина μ, то погрешность определения λ по μ может быть охарактеризована отношением

$$\frac{\sigma_\lambda}{\mu} = \frac{\sqrt{\lambda\tau_o}}{\lambda\tau_o} = \frac{1}{\sqrt{\lambda\tau_o}} \quad \text{или} \quad \left(\frac{\sigma_\lambda^2}{\mu}\right)^2 = \frac{1}{\lambda\tau_o}$$

откуда может быть определено время выборки τ_o, равное времени выборки μ, обеспечивающее задание значения отношения (σ_λ/μ):

$$\tau_o \geq \frac{1}{\lambda}\left(\frac{\sigma_\lambda}{\mu}\right)^{-2}.$$

Тогда минимальный объем выборки, по которой можно судить о характеристиках транспортных потоков, может быть ограничен следующими значениями μ_{min}: при $[\sigma_\lambda] = 10\%$ $\mu_{min} = 100$; при $[\sigma_\lambda] = 15\%$ $\mu_{min} = 45$; при $[\sigma_\lambda] = 20\%$ $\mu_{min} = 25$.

Теоретическое обоснование подобного подхода к задачам оценки изменяющихся во времени характеристик транспортного потока получено на основе применения спектрально-корреляционной теории случайных процессов.

Специфика АСУД заключается в том, что на разных уровнях иерархии системы используется информация как о мгновенных скоростях движения ТС, так и о текущей средней скорости движения ТП, поэтому оценке этих параметров уделено основное внимание. Выражение, связывающее период съема информации с дисперсией погрешности оценки состояния v(t) по значению прогнозирующей функции имеет вид

$$\sigma_i^2\left(\lambda_i;\tau_{o_i}\right) = 2D_v\left[1 - \rho_{v}^{o}\left(\lambda_i;\tau_{o_i}\right)\right],$$

где $\rho_{o_v}\left(\lambda_i;\tau_{o_i}\right)$ определится при подстановке $\lambda = \lambda_i$.

После несложных преобразований получаем выражение текущего интервала временной дискретизации v(t):

$$\tau_{o_i} = \frac{1}{\lambda_i}\ln\left[\frac{2D_v}{2D_v - \left[\sigma_i^2\right]}\right]$$

При определении текущего интервала временной дискретизации скорости движения во втором (верхнем) уровне 2-х уровневой системы управления необходимо в качестве $\rho_{o_v}\left(\lambda_i;\tau_{o_i}\right)$ в выражении использовать $\rho_{o_v}\left(\lambda_i;v_i;\tau\right)$ либо $\rho_{o_{vn}}\left(\lambda_i;\tau\right)$ в зависимости от алгоритма обработки поступающей информации. В частности, при контроле $v_n(t)$ выражение для τ_{oi} примет вид

$$\tau_{o_i} = \frac{1}{2\lambda_i}\ln\left[\frac{2D_{vn}}{2D_{vn} - \left[\sigma_i^2\right]}\right]$$

Аналогично получена пространственная дискретизация сбора информации о параметрах транспортного потока.

К аппаратуре сбора информации относится аппаратура, собирающая данные с участка или дороги в целом об основных характеристиках транспортного потока и погодных условиях. К аппаратуре отображения относится аппаратура, которая дает необходимую информацию водителям для принятия правильного решения о маршруте и режиме движения по магистрали.

Для осуществления управления движением на автомобильной дороге последняя расчленяется на типовые элементы управления, из которых можно выделить две группы: основные и второстепенные элементы управления. К первой группе относятся пересечения и примыкания в разных уровнях; крупные пересечения и примыкания в одном уровне; перегоны между крупными пересечениями, на которых возможно регулирование скоростей движения; перегоны в населенных пунктах, на которых возможно регулирование скоростей и объемов движения. Вторая группа содержит элементы, входящие полностью или частично в пределы основных типовых элементов, и состоит из перекрестков, на которых возможен въезд или

съезд ; пересечений с железной дорогой в одном уровне; стоянок транспорта; мест отдыха и видовых площадок, на которых возможно управление въездом и выездом автомобилей; мест интенсивного пешеходного движения.

Такое разделение возможно в силу функциональных особенностей этих элементов, т.е. первые позволяют осуществлять стратегию управления в целом, а вторые работают в зависимости от условий работы основных элементов. Типизация элементов управления движением и приведенная классификация позволяют осуществлять автоматизацию проектирования подсистемы сбора информации об условиях движения, а также автоматизацию проектирования подсистемы отображения информации на дороге, т.е. управляющих воздействий.

Таким образом, вся автомобильная дорога представляется в виде набора основных типовых элементов, следующих один за другим в определенном порядке, на которые налагаются второстепенные типовые элементы, входящие в границы первых на основе потребности в них в тех или иных местах дороги (рис. 3).

Условные обозначения к рис. 3:

○ – датчики интенсивности движения; ◊ – локальная система управления; ■ – многопозиционное табло; □ – датчик состава движения; ◇ – датчик скорости движения; ● – знак ограничения скорости движения; △ – знак рекомендуемой скорости движения.

Однако транспортный поток, движущийся по дороге, в качестве объекта управления несет в себе еще и такую дополнительную информацию, как превышение установленного ограничения скорости движения, возникновение дорожно-транспортных происшествий, уровень шума и загазованности воздушного бассейна. В этих местах производится дополнительная установка средств сбора информации и средств отображения управляющих воздействий.

Основными критериями определения типа и емкости канала связи между периферийным оборудованием и центром управления, а также размеров счетных устройств в центре управления является объем информации, которая передается, и время, за которое информация должна быть передана и обработана в центре. При этом возникают некоторые специфические особенности определения информации как по показателям, так и по объему. В связи с тем,

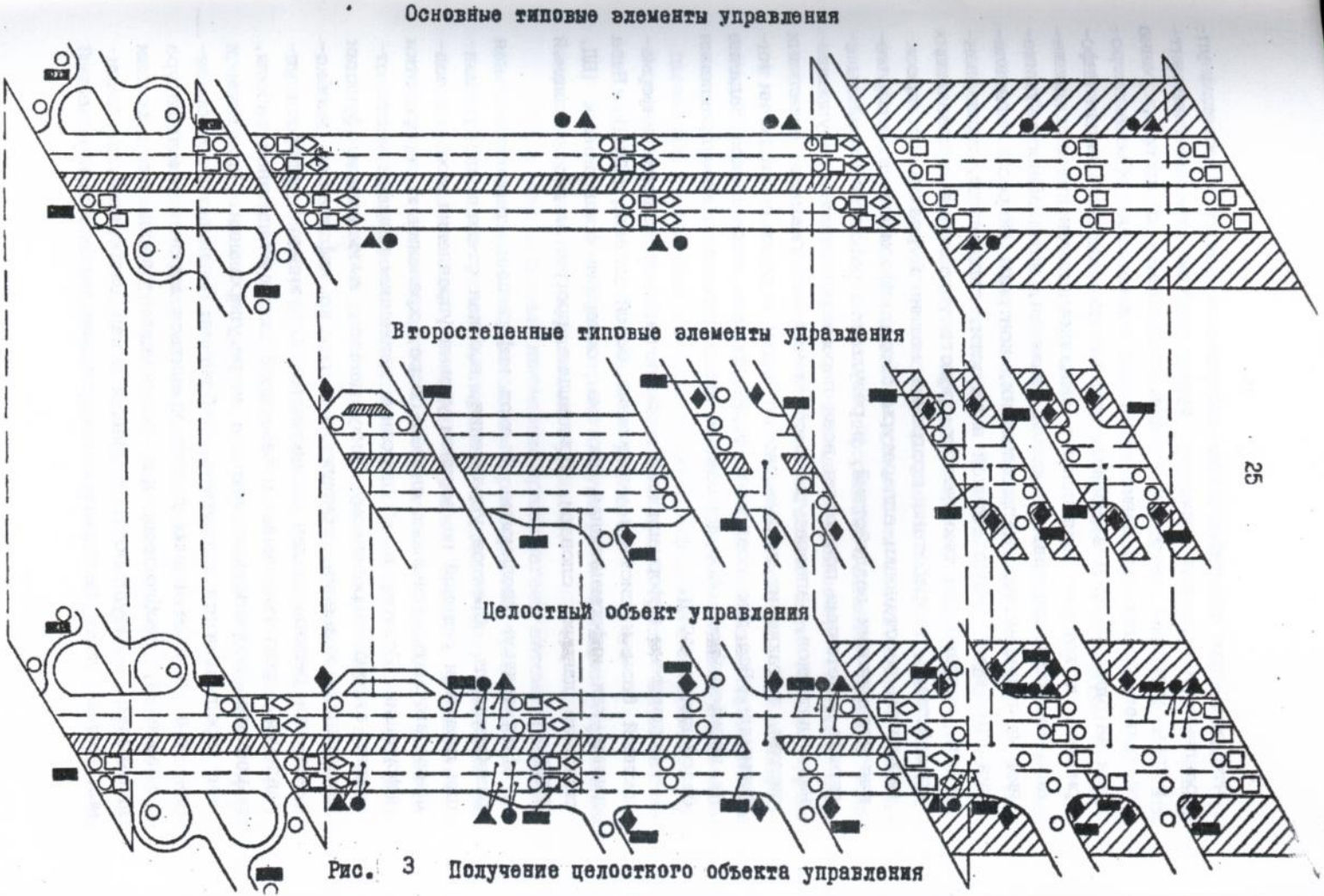


Рис. 3 Получение целостного объекта управления

что речь идет об информации, которая получается с объекта управления и подлежит передаче, будем оперировать понятием энтропии, учитывая, что информация, получаемая с дороги, равна энтропии. Предложены зависимости для определения объема энтропии за один замер и в единицу времени по отдельным видам информации, к которым принадлежит энтропия: интенсивности движения, скорости движения, состава движения, интенсивности движения на пересечениях и примыканиях, контроля скорости, выявления ДТП, шума, недостаточной видимости, гололедицы, загазованности, исправности технических средств управления, управляющих воздействий. Разработана программа машинной реализации проектирования расстановки аппаратуры сбора информации и отображения управляющих воздействий, в результате работы которой выявляются пикетажные положения всех параметров элементов управления, датчиков, аппаратуры отображения информации, локальных систем, а также их количество по видам и объемам энтропии информации. Все это позволяет формулировать техническое задание на периферийное оборудование и аппаратуру системы управления базой данных АСУД.

Подсистемы информационного обеспечения состоят из информационной базы и системы управления базой данных (СУБД). База данных как информационная система, содержит фонд данных (БД, описание данных, словари, прикладные программы), управляемый СУБД.

Непрерывное увеличение объемов информации, территориальная разобщенность объектов управления, высокая степень централизации принятия решений на верхнем уровне управления требуют создания автоматизированных систем сбора, хранения и переработки информации. Поэтому в АСУ дорожным движением ведущее место отведено автоматизированному банку данных, выполняющему функции накопления, хранения, обновления и поиска информации, необходимой для решения задач справочного обслуживания аппарата управления, прогнозирования показателей эксплуатационной работы, реализации оперативного анализа и регулирования. При этом к нему предъявляются следующие требования: – полнота отображения, т.е. в базе данных должна храниться широкая номенклатура показателей, необходимая для реализации управления дорожным движением; – актуальность и динамическая непрерывность хранимых данных, т.е. непрерывное поступление необходимой новейшей

информации и хранение сопоставимых показателей за прошлые периоды; – независимость данных, когда изменения в их описании не требуют обязательного изменения программ, использующих эти данные; – гибкость, обеспечивающая наращивание базы данных по любому перечню показателей без изменения его структуры и нарушения режимов функционирования.

Первичные данные служат источником информации о состоянии системы ДУ – ТП. При оценке качества данных, информации и самой информационной системы ДУ – ТП необходимо учитывать следующие понятия: – понятие верности, что означает верность отражения в информации процессов, явлений и т.д., а также соответствие (одинаковость) данных в моменты их составления и использования; – понятие полноты – информация считается полной, если на ее основе можно принять правильное решение; – понятие ценности – мерилом ценности информации может быть только эффект от ее использования; – понятие своевременности – любая информация должна быть своевременной, чтобы оказать определенное воздействие на принимаемое решение. При оперативном управлении движением требование своевременности информации становится все более жестким и приобретает максимальную остроту, когда система начинает работать в реальном режиме.

В шестой главе рассмотрены структура и критерии управления дорожным движением на различных уровнях.

Управление дорожным движением предполагает автоматизированный сбор информации о состоянии характеристик транспортных потоков и погодных условий, передачу ее диспетчеру, принятие решения по организации движения, передачу решения диспетчера к автоматизированным средствам отображения информации и реализация их. Информация о характеристиках транспортного потока должна передаваться на диспетчерский пункт в двух видах: а) осреднения за 5 минут для выявления критических ситуаций и оперативного управления; б) осредненная за 15 минут – для тактического управления и регистрации. В связи с этим необходимы разработка и создание устройств для осреднения и хранения информации соответственно за 5 и 15 минут.

Управление движением на магистрали должно осуществляться следующими воздействиями: а) управления транспортным потоком путем ограничения скорости движения; б) управления транспортными потоками с указанием рекомендуемой скорости движения на

этих участках магистрали; в) управления транспортным потоком с помощью многопозиционных знаков направления движения; г) светофорного управления перекрестками с большой нагрузкой; д) светофорного управления въездом на магистраль; е) управление транспортным потоком с помощью информационных табло.

Контрольный пункт (КП) представляет собой комплекс аппаратуры по сбору информации о характеристиках движения транспортного потока и погодных условий, а также аппаратуры по управлению средствами отображения информации на дороге. Места изменения характеристик транспортного потока определяют и места управления ими.

Исходя из вышесказанного, следует, что данные о состоянии системы ДУ – ТП достаточно определять на перегонах однородных участков (исключая влияние на них пересечений, примыканий и прочих типовых мест изменения характеристик подсистемы ТП), а управление транспортным потоком (т.е. выдачу управляющих воздействий на транспортный поток) необходимо проводить в начале таких участков с контролем принятого решения в середине и конце его. Таково достаточное условие размещения контрольных пунктов.

Если дорожные условия являются фиксированными в течение достаточно длительного промежутка времени и не требуют статистического обобщения, то движение транспортных потоков есть процесс вероятностный и для выявления закономерностей его движения на конкретной дороге требуются объемные статистические наблюдения и обобщения. Для выявления мест изменения траектории движения транспортного потока, его состава и обоснования необходимости управления движением на пересечениях и примыканиях в одном уровне, необходимо провести исследование изменения интенсивности движения и состава транспортного потока в вышеперечисленных типовых местах. Согласно принципам расстановки контрольных пунктов характеристики подсистемы "транспортные потоки" должны быть получены в экстремальных ситуациях – т.е. при максимальных интенсивностях движения.

Управление дорожным движением дает возможность повысить эффективность использования существующих дорожных условий за счет незначительных дополнительных капиталовложений. Априори, можно утверждать, что дорожные условия эффективно используются до тех пор, пока они соответствуют требованиям транспортных

потоков. Анализируя существующие подходы к определению показателя, характеризующего соответствие дорожных условий требованию транспортных потоков, можно прийти к выводу, что искомый показатель должен быть представлен как функция трех взаимозависимых переменных: ежегодной работы транспортного потока, ежегодных дорожных и транспортных затрат:

$$ПС = f(W_{ТП}, D, A)$$

С ростом интенсивности движения (что характеризует требования транспортного потока) вышеуказанные составляющие показателя соответствия (ПС) характеризуются ростом своих значений. Однако различный вид графиков изменения ежегодных транспортных и дорожно-эксплуатационных затрат с ростом интенсивности движения и выполненной работы транспортного потока может быть определена как:

$$ПС = \lim_{\Delta W_{ТП} \to W_{ТП}} \frac{f\left(W_{ТП_0} + \Delta W_{ТП}\right) - f\left(W_{ТП_0}\right)}{\Delta W_{ТП}} = C_{ТР_i} + C_{дор},$$

где $C_{ТР_i}$ – ежегодная транспортная составляющая себестоимости перевозок; $C_{дор}$ – ежегодная дорожная составляющая себестоимости перевозок. А граница периода соответствия определяется достижением минимального значения ПС.

Момент ввода в эксплуатацию самого низшего по иерархии уровня управления дорожным движением определяется из технико-экономического расчета окупаемости затрат на его устройство и эксплуатацию:

$$\sum_{t=0}^{t=T_н} \frac{П_0(1+\beta)^t}{(1+E)^t} = З + \sum_{t=0}^{t=T_н} \frac{C}{(1+E)^t}$$

где $П_0$ – снижение транспортных потерь в исходном году за счет введения самого низшего по иерархии уровня управления; β – коэффициент ежегодного прироста интенсивности движения; E – нормативный коэффициент экономической эффективности; $T_н$ – срок окупаемости капиталовложений; З – затраты на создание системы

управления дорожным движением; С — ежегодные затраты на эксплуатацию системы управления.

Следующий по иерархии уровень управления дорожным движением следует вводить в эксплуатацию после наступления границы периода соответствия предшествующего уровня управления.

В седьмой главе представлены теоретические основы и практические методы разработки подсистемы математического обеспечения в автоматизированных системах управления движением на автомобильных дорогах.

Требования к системам управления дорожным движением в отношении пропускной способности, экономичности, надежности и совместимости, как и к любой системе управления, довольно высоки. Однако, в отличие от других систем, системы управления дорожным движением имеют свои особые проблемы, в том числе следующие. Во-первых, дорожные системы исключительно сложны. Во-вторых, автомобили движутся без установленных графиков или маршрутов, а водители имеют самые разнообразные характеры и навыки. Эти особенности автомобильного транспорта налагают серьезные ограничения на применяемый метод управления. Например, неупорядоченное во времени движения огромного количества автомобилей по самым разнообразным маршрутам в исключительно сложной дорожной системе делает почти невозможным оптимальное распределение транспортных потоков.

Для принятия решений по управлению транспортным потоком необходимо знать в каждый момент временной дискретизации величину пропускной способности дороги. Оценивая величину пропускной способности, мы характеризуем одно из предельных состояний системы "дорожные условия — транспортные потоки". На величину пропускной способности оказывает влияние большое количество факторов. Все эти факторы могут быть объединены в следующие группы: факторы, связанные с дорожными условиями (ДУ), характеристики транспортного потока (ТП), факторы, связанные с погодными условиями (ПУ), факторы, связанные с психофизиологией водителя (ПФВ), факторы, связанные с техническим состоянием автомобиля (ТС), фактор времени (В), уровень квалификации водителя (УКВ), уровень безопасности движения (УБД), социальные факторы (СФ).

В каждом конкретном случае величина пропускной способности будет определяться сочетанием этих факторов. Величина пропуск-

ной способности не остается постоянной ни по длине дороги, ни во времени. Сочетание этих факторов носит случайный характер. Таким образом, говоря о величине пропускной способности, необходимо комплексно оценивать состояние системы "дорожные условия – транспортные потоки" и рассматривать пропускную способность как вероятностную пространственно-временную характеристику. Взаимодействие характеристик системы "ДУ – ТП" в конечном итоге сводится к их влиянию на состояние транспортного потока, которое в значительной степени определяется поведением водителя. Выходным параметром этого взаимодействия является распределение временных интервалов между автомобилями в транспортном потоке.

Так как временной интервал между автомобилями представляет собой непрерывную случайную величину, то для задания закона ее распределения достаточно задать плотность распределения ее вероятностей:

$$\varphi(x, x_0, \sigma_z) = \begin{cases} 0, при\ x \le 0; \\ \dfrac{1}{M_1 \sigma_z (x - 0{,}5)\sqrt{2\pi}} l^{-\frac{u^2}{2}}, при\ x > 0 \end{cases}$$

Логарифмически нормальное распределение определяется параметрами x_0 и σ_z. Для оценки влияния интенсивности движения на внутреннюю структуру транспортного потока предлагается использовать коэффициент изменения внутреннего состояния транспортного потока:

$$K_{в.с.} = \frac{\sigma_{N_1} - \sigma_{N_2}}{t_{\mathrm{mod}_1} - t_{\mathrm{mod}_2}},$$

где σ_{N_1}, σ_{N_2} – средние квадратические отклонения при различных значениях интенсивности движения; t_{mod_1}, t_{mod_2} – модальные значения интервалов при тех же интенсивностях.

На распределение минимальных временных интервалов будет также оказывать влияние сочетание типов автомобилей. Интервал до впереди идущего автомобиля будет зависеть от типов автомобилей, образующих пару.

Тогда величина пропускной способности определится следующим выражением:

$$A = \frac{3600}{\bar{t}_{\min}} = \frac{3600 \cdot \bar{v}_0}{\bar{d}_0 + \bar{l}},$$

где $\bar{t}$ – средний минимальный интервал следования; $\bar{V}_0$ – средняя скорость движения, соответствующая пропускной способности; $\bar{d}_0$ – средняя дистанция между автомобилями при $\bar{V}_0$; $\bar{l}$ – средняя длина автомобиля в потоке. Величина максимальной интенсивности, соответствующая конкретной величине средней скорости транспортного потока, с учетом величины среднего временного интервала между автомобилями определится следующим образом:

$$N_{\max} = \frac{3600}{\bar{t}} = \frac{3600\bar{v}_0 \ln\left(\frac{\left[\bar{d} = f\left(\bar{V};\bar{l};\varphi\right)\right] + \bar{l}}{\bar{b} + \bar{l}}\right)}{\left[\bar{d} = f\left(\bar{V};\bar{l};\varphi\right)\right] + \bar{l}}$$

где $\bar{t}$ – средний интервал следования; $\bar{d}$ – средняя длина дистанции между автомобилями; φ – коэффициент сцепления; $\bar{b}$ – средняя дистанция при заторе.

При организации движения по магистрали возникает необходимость распределения движения по параллельным маршрутам. Такая ситуация возникает тогда, когда магистраль по своей пропускной способности не обеспечивает пропуск всего автотранспорта по данному маршруту. Для правильного распределения движения необходимо обоснованное решение, по какому маршруту направлять движение для оптимизации потерь автотранспорта. Это распределение должно производиться с учетом состояния системы "ДУ – ТП" на параллельных маршрутах и подъездах к ним.

Учитывая вышесказанное, можно сделать следующие выводы: 1. Распределение транспортных потоков по параллельным маршрутам необходимо проводить при достижении интенсивности движения хотя бы по одному из маршрутов величины: $N_{ij}^{эк} = min$. 2. Границей существования распределения транспортных потоков по параллельным маршрутам, как метода управления дорожно-уличным движением, является достижение интенсивности движения на всех параллельных маршрутах величин $N_{ij}^{*} = min$. 3. Область загрузки движением параллельных маршрутов от $N_{ij}^{эк} = min$ до $N_{ij}^{*} = min$ определяет уже неэкономичное функционирование исследуемой дорожно-уличной сети. Дальнейшая эксплуатация маршрутов при $N > N_{ij}^{*} = min$ возможна только при условии увеличения дорожных условий на маршру-

тах, в противном случае народное хозяйство несет физические потери в грузах.

Стратегия управления движением на автомобильной дороге построена на принципе "критическая ситуация — решение". Под "критической ситуацией" следует понимать сложившиеся условия движения (как на самой дороге, так и на параллельных маршрутах), резко отличающихся от ординарных, требующие изменения этих условий в соответствии с критериями оптимальности: наличие интенсивности, близкой к пропускной способности, наличие недостаточной видимости на дороге, наличие влажного покрытия, наличие гололедицы на дороге, наличие дорожно-транспортного происшествия, проведение дорожно-ремонтных работ, необходимость пропуска специальных автомобилей и колонн, нарушение скоростных режимов на участках контроля скорости движения, "ударная волна", превышение уровня загазованности воздушного бассейна, превышение уровня шума в населенных пунктах, наличие в системе неисправной аппаратуры. Наличие на автомобильной дороге каждой из "критической ситуации" фиксируется либо с помощью технических средств сбора и передачи информации о дорожном движении, либо с помощью специальных сообщений в центр управления, а также фиксируется системой контроля исправности аппаратуры. В каждом конкретном случае возникновения "критической ситуации" в подсистеме математического обеспечения принимается решение, которое реализуется путем подачи команд на средства отображения управляющих воздействий на дороге. При этом необходимо ввести приоритет в решение той или иной "критической ситуации" при одновременном возникновении нескольких. Поэтому все "критические ситуации" разделены, прежде всего, по группам: I группа — ограничивающие скорость движения на магистрали, II группа — ограничивающие поступление автомобилей на магистрали, III группа — непосредственно не влияющие на транспортный поток. В каждой группе также вводится приоритет решения задачи управления: 1. I группа: - наличие гололедицы, - возникновение дорожно-транспортного происшествия, - наличие недостаточной видимости, - наличие влажного покрытия, - дорожно-ремонтные работы, - нарушение скоростных режимов на участках контроля. 2. II группа: - пропуск специальных автомобилей и колонн, - наличие интенсивности движения близкой к пропускной способности, - превышение уровня загазованности воздушного ба-

ссейна, - превышение уровня шума в населенном пункте. 3. III группа: - наличие неисправной аппаратуры, - наличие дорожно-транспортного происшествия в случае, когда пропускная способность магистрали не ограничивается. При отсутствии "критических ситуаций" транспортный поток не остается без управления, т.к. в соответствии с характеристиками системы "дорожные условия – транспортные потоки" осуществляется рекомендация оптимальной величины скорости движения на всех элементах управления. Для разработки стратегии управления транспортными потоками необходимо выбрать методики определения величины управляющих воздействий на транспортный поток, а соответственно и критические величины характеристик погодных условий, транспортных потоков и т.д. Для этого следует: определить и описать зависимости управляющего воздействия для ликвидации критической ситуации в конкретных условиях движения; определить необходимые исходные данные по каждому контрольному пункту (КП) для принятия решения по разработке величины управляющего воздействия; рассчитать критические величины характеристик по каждой ситуации и для каждого КП; рассчитать управляющие воздействия по каждой "критической ситуации" и каждому КП.

Автоматизированные системы управления движением на автомобильных дорогах могут соединяться в общую систему, т.е. систему, позволяющую управлять движением на узле этих дорог в целом. Основные задачи, выполняемые системой АСУ движением на узле: а) регулирование движение по узлу главных дорог по принятому критерию; б) информация водителей о состоянии покрытия, в погодных условиях, о скоростных режимах; в) информация водителей о маршрутах движения. Выполнение этих задач дает возможность: а) организовать движение на основных дорогах узла; б) регулировать въезд и выезд на основные дороги; в) регулировать скоростные режимы как на отдельных дорогах, так и на узле в целом; г) сократить время проезда автомобилей через узел; д) разделять движение по узлу с целью обеспечения максимальной пропускной способности узла. Система управления движением на автомобильных магистралях узла представляет собой двухуровневую систему управления с подразделением по централизации управления. 1-й уровень управления представляет собой координированное управление движением на участках между контрольными пунктами по автомобильной магистрали. 2-й уровень управления

представляет собой централизованное управление по сети магистралей и маршрутов.

Изложенный принцип позволил сформулировать перечень критических ситуаций и задач, по которым главный диспетчер принимает решения: недостаточная метеорологическая видимость (по метеорологическому прогнозу); возможность возникновения гололедицы (по метеорологическому прогнозу); длительная перегрузка движением (более 30 минут) отдельных участков магистрали; экстренное ограничение скорости по всей сети дорог узла (или на отдельных магистралях) по указанию ГАИ и вышестоящих органов; пропуск специальных автомобилей и колонн автомобилей; возникновение дорожно-транспортного происшествия, перекрывающего часть или всю ширину проезжей части; проведение дорожно-ремонтных работ, перекрывающих часть или всю ширину проезжей части; наличие в системе неисправной аппаратуры. Отдельные задачи, непосредственно не связанные с управлением движением: глобальные вопросы содержания управляемых магистралей узла; формирование и анализ служебной информации по узлу управляемых магистралей.

ВЫВОДЫ

1. В результате выполнения диссертационной работы, на основе системного подхода к большим системам, разработана методология проектирования автоматизированных систем управления движением на автомобильных дорогах в различных условиях их эксплуатации. Применение разработанных принципов создания АСУД в условиях Украины на подходах к крупным и крупнейшим городам позволяет снизить число дорожно-транспортных происшествий на 30 % и повысить скорости движения на 20 %.

2. Доказано, что система "дорожные условия — транспортные потоки" является основой создания автоматизированных систем управления движением на автомобильных дорогах. При этом эффективное взаимодействие подсистем "дорожные условия" и "транспортные потоки" поддерживается методами организации дорожного движения, т.е. малыми капиталовложениями.

3. Разработано, исследовано и представлено информационное обеспечение автоматизированного управления движения с использованием методов теории информации. В основе информационного

обеспечения лежат требования транспортных потоков в виде характеристик уровня безопасности, экономичности и удобства перевозок к условиям движения на автомобильных дорогах.

4. Впервые выполнено описание автоматизированного управления движением в виде иерархической структуры элементов и их взаимосвязей, что позволило рассматривать управление движением как систему взаимосвязанных элементов, а также ее формализацию в различных условиях эксплуатации. Предложено рассматривать три уровня управления движением на автомобильных дорогах: локальное, координированное и централизованное, которые позволяют осуществлять управление как в критических ситуациях, так и в ординарных условиях движения. Впервые проведено структурирование автоматизированного управления на различных уровнях и доказана многокритериальность выбора управляющих воздействий на транспортный поток как основа реального процесса автоматизированного управления. Впервые на основе спектрально-корреляционной теории транспортного потока выполнена пространственно-временная дискретизация характеристик подсистемы "транспортные потоки" для сбора информации о состоянии нелинейных пространственно-временных процессов на автомобильной дороге по ее длине и во времени с обоснованием отнесения этой информации к сечению, в котором осуществляется управление движением.

5. Дано математическое формализованное понятие процесса управления движением в различных дорожных условиях формирования требований транспортных потоков с разработкой классификации типовых элементов управления движением на автомобильной дороге как основы мультимодального построения автоматизированного управления движением. На основе теории транспортных потоков впервые предложена стратегия и критерии управления движением на различных уровнях, на различных типовых элементах управления, в различных "критических ситуациях", а также в ординарных условиях существования автоматизированных систем управления движением на автомобильных дорогах.

6. Впервые разработаны принципы автоматизированного управления движением на узле автомобильных дорог крупных и крупнейших городов как иерархической структуры элементов управления на всех дорогах узла. Обосновано пространственное и временное информационное обеспечение для автоматизированной системы уп-

равления движением на узле автомобильных дорог, взаимосвязь управления на узле с централизованным управлением на отдельных автомобильных дорогах, а также стратегия и критерии управления в различных "критических ситуациях" по переброске движения с одного направления на другое.

7. Разработаны методики, алгоритмы и программы на ЭВМ для моделирования, построения и оптимизации структуры автоматизированного управления движением, а также стратегии управления в различных "критических ситуациях" на различных уровнях управления, а также создан человеко-машинный программный комплекс с учетом условий эксплуатации и возможности проверки по целому ряду ограничений в оперативном режиме управления. Разработано информационное обеспечение автоматизированной системы управления движением на автомобильной дороге в виде информационно-поисковой системы для оценки условий движения и выработки управляющих воздействий в подсистеме "математического обеспечения" АСУД.

8. Результаты диссертационного исследования дают основу для дальнейшего повышения эффективности функционирования системы "дорожные условия – транспортные потоки", развития теории транспортных потоков в транспортных системах, совершенствовании технологии обеспечения безопасности, экономичности и удобства перевозок и управления этими перевозками на автомобильных дорогах узлов крупных и крупнейших городов.

Основные положения и результаты диссертационной работы представлены в следующих публикациях:

1. Полищук В.П. Оценка потерь времени в зоне влияния развязок автомобильных дорог // Автомоб. дороги и дор. стр-во. – К., Будувельник, 1969. – Вып. 5. – С. 48 – 50.

2. Хомяк Я.В., Полищук В.П. и др. Закономерности движения транспортных потоков и их использование в целях усовершенствования дорожных условий. Тезисы всесоюзной конференции. – Москва, МАДИ, 1972. – С. 61 – 62.

3. Оценка и прогноз состояния системы "дорожные условия – транспортные потоки" // Автомоб. дороги и дор. стр-во. – К., Будувельник. – Вып. 11. – С. 137 – 143.

4. Хомяк Я.В., Полищук В.П. Оценка дорожных условий по аварийности в системе "дорожные условия – транспортные потоки" //

Автомоб. дороги и дор. стр-во. – К., Будівельник. – Вып. 13. – С. 85 – 87.

5. Полищук В.П., Хомяк Я.В. Исследование и оптимизация системы "дорожные условия – транспортные потоки". – Т. 1, 2 // НТО, КАДИ, № г.р. 74055967. Инв. № Б348189. – К. – 141 с., 213 с.

6. Полищук В.П. К вопросу исследования оптимизации системы "дорожные условия – транспортные потоки" (на словацком языке) // Сильнични обзор. ЧССР. – 1974. – № 9. – С. 272 – 274.

7. Полищук В.П. Схема оптимизации системы "дорожные условия – транспортные потоки". Тезисы VI республиканской конференции. – Вильнюс, 1975. – С. 61 – 63.

8. Полищук В.П., Тищенко-Тишковец Л.К., Бабко Л.И. Информационное обеспечение управления системой "дорожные условия – транспортные потоки" // Автомоб. дороги и дор. стр-во. – К., Будівельник. – Вып. 21. – С. 20 – 28.

9. Полищук В.П. К вопросу оценки условий движения на автомобильных магистралях // Автомоб. дороги и дор. стр-во. – К., Будівельник. – Вып. 21. – С. 22 – 24.

10. Полищук В.П. Принципы разработки АСУ движением на автомобильных дорогах. Тезисы всесоюзной конференции. – Киев, 1978. – С. 86 00 88.

11. Полищук В.П., Пальчик А.Н. Обоснование необходимости параллельных маршрутов по направлению автомагистралей для разработки АСУ движением. Тезисы всесоюзной конференции. – Киев, 1978. – С. 89 –90.

12. Полищук В.П. Метод определения вида и объема информации для автоматизированной системы управления движением // Автомоб. дороги и дор. стр-во. – К., Будівельник. – Вып. 25. – С. 85 – 87.

13. Полищук В.П., Хомяк Я.В. Разработка автоматизированных систем управления движением на автомобильных дорогах. Материалы II научно-техн. конференции СЭВ, Карловы Вары (ЧССР) МВД СССР. – М., 1980. – С. 372 – 380.

14. Полищук В.П., Гуков Н.И. Особенности проектирования АСУД на автомобильных дорогах. Тезисы республиканской конференции. – Киев, 1981. – С. 6 – 7.

15. Полищук В.П., Ярославцев А.С. Пространственно-временное исследование транспортных потоков // Автомоб. дороги и дор.

стр-во. – К., Будівельник. – Вып. 29. – С. 11 – 16.

16. Полищук В.П., Гуков Н.И. Управление дорожным движением на различных уровнях его развития. Тезисы всесоюзной конференции. – Москва, 1981. – С. 2.

17. Полищук В.П., Гуков Н.И. Стратегия управления дорожным движением при диспетчерском управлении. Тезисы IV всесоюзной конференции, Ташкент. – С. 158 – 159.

18. Полищук В.П. Решение вопросов обеспечения безопасности дорожного движения при диспетчерском управлении. Тезисы всесоюзной конференции, Тбилиси, 1982. – С. 93 – 94.

19. Полищук В.П. Информационное обеспечение автоматизированных систем управления движением на автомобильных дорогах // Автомоб. дороги и дор. стр-во. – К., Будівельник, 1983. – Вып. 32. – С. 82 – 84.

20. Полищук В.П., Богаченко В.Н. Моделирование на ЭВМ транспортных потоков на съездах развязок автомобильных дорог // Автодорожник Украины. – 1983. – № 2. – С. 45 – 47.

21. Четверухин Б.М., Полищук В.П., Ересов В.И. Оценка и прогнозирование состояния транспортного потока для автоматизированного управления движением // В сб.: Совершенствование методов проектирования, строительства и эксплуатации автомоб. дорог. – Краснодар, 1985. – С. 68 – 76.

22. Полищук В.П. Проектирование автоматизированных систем управления движением на автомобильных дорогах. Учебное пособие. – К.: КАДИ, МПП Минвуза УССР, 1985. – 94 с.

23. Четверухин Б.М., Полищук В.П.. Ересов В.И. Оценка погрешности ступенчатого восстановления скачкообразных процессов по дискретным отсчетам. – М., Метрология. – 1983. – № 10. – С. 8 – 10.

24. Полищук В.П., Новикова Т.Л. Автоматизация проектирования подсистемы сбора им отображения информации для автоматизированного управления на дорогах // Автомоб. дороги и дор. стр-во. – К., Будівельник, 1984. – Вып. 34. – С. 83 – 87.

25. Полищук В.П., Озол А.О. Структура автоматического сбора информации о дорожном движении // Автомоб. дороги и дор. стр-во. – К., Будівельник, 1984. – С. 99 – 104.

26. Полищук В.П., Четверухин Б.М. Информационный листок: Автоматизированная система управления движением на автомобильных дорогах // Госплан УССР УНИИ НТИ и НЭИ. – К., 1986. – 6 с.

27. Полищук В.П. Формирование базы данных для автоматизированного управления движением // Автомоб. дороги и дор. стр-во. – К., Будівельник, 1987. – С. 68 – 70.

28. Полищук В.П. Автоматизированное управление дорожным движением на узле автомобильных дорог // Автомоб. дороги и дор. стр-во. – К., Будівельник, 1987. – С. 92 – 96.

29. Хомяк Я.В., Полищук В.П. и др. Автоматизация проектирования автомобильных дорог. Учебное пособие. – К.: Вища школа, 1987. – 192 с.

30. Полищук В.П. Проектирование автоматизированных систем управления движением на автомобильных дорогах. Учебное пособие. – К.: УМК ВО, 1990. – 54 с.

31. Полищук В.П., Красильников О.В. Учет вероятностного характера пропускной способности при использовании АСУД на дорогах высших категорий // Деп. в УкрНИИНТИ, 24.09.90, № 1674 – Ук 90. – К. – 9 с.

32. Полищук В.П., Кунда Н.Т. Движение транспортного потока в условиях образования ударной волны // Деп. в ГНТБ Украины 31.08.93, № 1807 – Ук 93. – К. – 10 с.

33. Полищук В.П., Красильникова О.В., Янишевский С.В. Реверсивное движение в условиях функционирования автоматизированной системы управления движением на магистралях // Автошляховик України. – 1994. – № 3. – С. 24 – 27.

34. Полищук В.П., Кунда Н.Т. Оценка уровня безопасности движения плотного транспортного потока с учетом режима движения и психо-физиологических качеств водителя // Вестник ХГАДТУ. – Харьков, 1995. – Вып. 2. – С. 45 – 48.

Анотація

Поліщук В.П. Автоматизоване керування рухом на автомобільних дорогах.

Дисертація у вигляді рукопису на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук по спеціальності 05.22.01 – Транспортні системи.

Український транспортний університет, Київ, 1996 р.

Захищається теоретичне узагальнення наукових положень та комплекс практичних методів проектування автоматизованих систем керування рухом на автомобільних дорогах. Розроблено, дос-

ліджено та представлено інформаційне забезпечення автоматизованого керування, його структурування на різних рівнях керування і доказана багатокритеріальність вибору керуючого впливу на транспортний поток. Виконана математична формалізація керування рухом на автомобільних дорогах та вузлі доріг великих міст, запропоновано математичне забезпечення стратегії керування в різних "критичних ситуаціях", на різних рівнях керування, для типових елементів керування.

Ключові слова: автоматизована система керування рухом, автомобільна дорога, вузол автомобільних доріг, система "дорожні умови – транспортні потоки", організація дорожнього руху, безпека руху.

Abstract

Vladimir P.Polishchuk, Ph.D.C.E. Automized control of traffic flow on automobile roads.

Doctoral Dissertation (Scientific Degree: Doctor of Sciences) for the Speciality # 05.22.01 – "Transportation Systems".

Ukrainian Transportation University, Kiev, 1996.

Fundamental theoretical results and a set of practical methods for the designing of an automized systems which allow to control the traffic on the automobile roads are presented.

Information support for the process of automized control and its structuring for various levels of control are developed, studied and presented; the multicriterial principles for the selection of control actions (control input) on the traffic flow are proposed and justified.

Mathematical formalization for the control of the traffic on automobile road and on highways' junction of a major (big) city is presented; the mathematical support allowing for the different strategies of control to be adopted for various "critical situations" (for the various levels of control) is presented.

Key words: Automized Systems for Traffic Control, Highway, Junctions of Highways, "Road Conditions – Traffic Flows" System, Control and Organization of Road Traffic, Traffic Safety.

Підп. до друку 1.11.96. Формат 60x84 1/16. Друк офсетний.
Умовн. друк. арк. 1,0. Умовн. фарбо-відб. 1,0.
Облік.-вид. арк. 1,0. Тираж 100.

Фірма "ВІПОЛ".
252151, Київ, вул. Волинська, 60.