

На правах рукописи

КРАСИЛЬНИКОВА Ольга Витальевна

УДК 625.72.003.1

ОЦЕНКА ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ  
АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ  
В АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМАХ  
УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЕМ

Специальность 05.22.10 - Эксплуатация  
автомобильного транспорта

Автореферат  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Работа выполнена в Киевском автомобильно-дорожном институте

Научный руководитель - кандидат технических наук, профессор  
Полищук Владимир Петрович

Официальные оппоненты: доктор технических наук, профессор  
Сильянов Валентин Васильевич  
кандидат технических наук, доцент  
Парохненко Сергей Михайлович

Ведущая организация: Главное Управление ГА. МВД Украины

Защита состоится *"26" февраля* 1993 года на заседании  
специализированного совета Д 068.09.02 при Киевском автомобильно-  
но-дорожном институте, г. Киев-10, ул. Суворова, 1.

О диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Киевского  
автомобильно-дорожного института.

Автореферат разобран *"22" октября* 1993 г.

Ученый секретарь  
специализированного совета  
к. т. н., профессор *[подпись]* Дмитриев Николай Николаевич

ЛНБ України ім. В. Стефаніка



00814465 (S)

ЛНБ України ім. В. Стефаніка  
АН УРСР

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. Непрерывный рост уровня автомобилизации в стране требует повышения технического и эксплуатационного уровня автомобильных дорог, зависящих прежде всего от научно обоснованных решений, принимаемых как на стадии проектирования, так и в процессе строительства и эксплуатации дороги. Неудовлетворение этих требований приводит к ухудшению условий движения, снижению производительности автотранспорта, повышению аварийности. Задачи, связанные с оптимизацией работы автомобильного транспорта и повышением безопасности движения, должны решаться комплексно путем совершенствования всех элементов системы "дорожные условия - Транспортные потоки" /ДУ-ТП/. Одним из эффективных путей решения этих задач является применение современных методов и средств организации дорожного движения и прежде всего автоматизированных систем управления движением /АСУД/.

Одной из наиболее важных характеристик, используемых при решении вышеназванных задач, является пропускная способность дороги. В условиях функционирования АСУД необходимо располагать точными данными о величине пропускной способности данного участка дороги, дороги в целом или сети дорог. Знание закономерностей изменения этой величины, а также других характеристик транспортного потока позволит учитывать изменения в условиях движения, прогнозировать их и задавать оптимальные режимы движения, выявлять резервы повышения скорости и уровня безопасности движения.

Цель исследования заключается в разработке метода определения пропускной способности как вероятностной пространственно-временной характеристики и практических основ применения разработанного метода для целей управления движением на автомобильных дорогах в условиях функционирования АСУД.

В соответствии с намеченной целью определены основные задачи исследования:

- обоснование зависимости пропускной способности и максимальной интенсивности движения от характеристик распределения временных интервалов как выходного параметра взаимодействия характеристик системы "Дорожные условия - Транспортные потоки";

- установление зависимостей между характеристиками распределения временных интервалов и выбранными факторами, оказывающими наиболее существенное влияние на процесс формирования величин пропускной способности и максимальной интенсивности движения;

- исследование комплексного влияния отобранных факторов на характеристики распределения временных интервалов как выходного параметра взаимодействия характеристик системы "ДУ-III";

- разработка методики определения пропускной способности как вероятностной пространственно-временной характеристики на основе распределения временных интервалов в транспортном потоке;

- усовершенствование методики управления движением на автомагистралях с использованием распределения временных интервалов в условиях функционирования АСУД.

#### Научная новизна:

- в отличие от ранее опубликованных исследований устанавливается единое понятие пропускной способности как характеристики состояния системы "ДУ-III";

- разработан метод оценки величины пропускной способности автомобильных дорог в автоматизированных системах управления движением как вероятностной пространственно-временной характеристики

о использовании распределения временных интервалов в транспортном потоке-выходного параметра взаимодействия характеристик системы "ДУ-ТП".

Практическая ценность. Разработанная методика определения величины пропускной способности автомобильных дорог в автоматизированных системах управления движением, а также практические основы применения разработанного метода позволяют учитывать изменение состояния системы "ДУ-ТП", что дает возможность оценивать условия движения при выработке упреждающего воздействия.

Реализация результатов работы. Результаты работы внедрены в Украинском государственном институте проектирования дорожного хозяйства.

Апробация работы. Основные положения работы докладывались на 45, 46, 47, 48 научных конференциях профессорско-преподавательского состава Киевского автомобильно-дорожного института в 1989, 1990, 1991, 1992 годах, на III Краевой научно-практической конференции "Обеспечение надежности дорог и мостов и безопасности движения" в г. Анапе в 1990 г., на научной конференции "Безопасность движения" в г. Таллинч в 1990 г.

Публикации. Основные результаты диссертации опубликованы в 5 работах.

Объем работы. Диссертация изложена на 176 страницах, включает 16 рисунков, 20 таблиц, состоит из введения, четырех глав, заключения и общих выводов, списка литературы из 129 наименований, из которых 31 на иностранных языках.

#### СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Проблема изучения пропускной способности впервые возникла в

странах с высоким уровнем автомобилизации, таких как США, Англия, Франция, Япония и другие. Исследованию пропускной способности посвящено большое количество работ как зарубежных, так и отечественных ученых. Среди них следует выделить работы В. Гриндшилльдса, Н. Гринборга, Р. Джонсона, А. Дрю, Р. Шаара, Ф. Хейта, Р. Андерсона, А. Миллера, А. К. Вируля, В. Ф. Рабкова, Я. А. Калужского, Н. Ф. Хорошилова, Я. В. Хомяка, Ю. С. Крылова, А. П. Васильева, Л. А. Кероглу, М. Ф. Смирнова, Ю. С. Чижевского, В. В. Сильянова, Е. М. Лобанова, А. Н. Красникова, Ю. М. Ситникова, Л. Н. Сапегина, Ч. М. Макаренко, В. П. Полищука, А. А. Билытньского, А. Н. Пальчика, С. Н. Богаченко и других.

Наиболее широкое применение данные о величине пропускной способности находят в области организации дорожного движения при решении следующих задач: выбор средств организации движения, оборудование дороги, определение оптимальных интенсивностей движения для конкретных дорог, назначение очередности мероприятий по организации движения, оценка их эффективности.

Для поддержания оптимального уровня загрузки дороги движением необходимо гибко учитывать изменения состояния транспортного потока. Такую возможность, в полной мере, дают автоматизированные системы управления движением, в которых на основе сбора и анализа информации о параметрах транспортного потока и погодных условиях производится постоянная оценка условий движения на магистрали и в соответствии с ней выбирается оптимальный режим движения. В условиях применения АСУД данные о величине пропускной способности широко используются при выработке целого ряда управляющих воздействий. Возможность оперативной оценки величины пропускной способности позволяет повысить гибкость и эффективность управляющих воздействий. Становится очевидным, насколько важно располагать точными данными о

величине пропускной способности как участка дороги, так и дороги в целом.

В настоящее время используется несколько понятий пропускной способности – теоретическая, максимальная практическая, практическая, возможная, расчетная. Такое многообразие терминов говорит об отсутствии единого подхода к определению пропускной способности как понятия и к определению ее конкретной величины.

Для оценки пропускной способности используются динамические модели движения транспортного потока. Наиболее широкое применение в настоящее время находят гидродинамическая модель и модель "следование за лидером". В основу практического метода определения пропускной способности как у нас в стране, так и за рубежом положено использование коэффициентов снижения максимальной практической пропускной способности. При сравнении факторов, влияющих на величину практической пропускной способности, которые учитываются в различных методиках, обращает на себя внимание разнородность этих факторов и различное их количество. Не в полной мере учитывается влияние погодных условий, психофизиологии водителей, социальных и других факторов. Вместе с тем, не все факторы, которые учитываются в применяемой в настоящее время методике, изложенной в "Руководстве по оценке пропускной способности автомобильных дорог", оказывают понижающее действие на ее величину. Этот факт является одной из причин получения при расчетах заниженных значений величины пропускной способности. Учет погодных условий, изменение которых является одной из причин изменения величины пропускной способности во времени, в существующей методике учитывается путем проверки ее величины в наиболее неблагоприятные периоды года: зимний и весенне-осенний, что

является недостаточным для фактической оценки изменения пропускной способности, в частности, при использовании АСУД.

Все вышесказанное позволило сделать вывод о необходимости введения единого понятия пропускной способности, в основе которого должно лежать понятие практической пропускной способности. Практическая пропускная способность, являясь случайной величиной, зависит от сочетания формирующих ее факторов. Она не остается постоянной ни по длине дороги, ни во времени. Значение ее величины для одного и того же участка дороги по данным кафедры Проектирования дорог МАДИ может изменяться в значительных пределах — в 1,5–1,7 раза.

Факторы, влияющие на величину пропускной способности, объединены в следующие группы: факторы, связанные с дорожными условиями; характеристики транспортного потока; факторы, связанные с погодными условиями, с психофизиологией водителя, с техническим состоянием транспортного средства, уровнем квалификации водителя, уровнем безопасности движения; фактор времени; социальные факторы. В каждом конкретном случае величина пропускной способности будет определяться сочетанием этих факторов. Изменение величины пропускной способности в пространстве обусловлено, главным образом, влиянием дорожных условий на ее величину, а также изменением состава транспортного потока и погодных условий вдоль дороги. Влияние элементов плана и профиля приводит к снижению пропускной способности в том случае, если наблюдается снижение средней скорости транспортного потока до величины  $\bar{V} < V_0$  или уменьшение его плотности до  $q < q_0$ , характерных для прямого горизонтального участка, где  $V_0$  — скорость движения, соответствующая пропускной способности;  $q_0$  — плотность транспортного

потока, соответствующая пропускной способности. На изменение пропускной способности в пространстве и во времени значительное влияние оказывает изменение состава транспортного потока, которое может быть связано с районом проложения дороги, а также сезоном года. Кроме влияния факторов погодных условий и состава транспортного потока изменение пропускной способности связано с изменением технического состояния автомобилей, возникновением ДТП, внезапной остановкой автомобиля, изменением социальных факторов.

Среди факторов, влияющих на величину пропускной способности, можно выделить объективные и субъективные. Учитывать влияние последних либо сложно, либо, практически, невозможно. Но поскольку все факторы взаимосвязаны, и изменение одного из них влечет за собой изменение другого, то влияние субъективных факторов проявляется через факторы других групп. В каждом конкретном случае величина пропускной способности будет зависеть от того, какие факторы участвуют в процессе ее формирования. Сочетание этих факторов носит случайный характер. Кроме того, случайный характер транспортного процесса определяет само участие человека в нем. Все это приводит к случайному изменению таких основных характеристик транспортного потока как интенсивность, скорость, плотность, распределение интервалов и др. как в пространстве, так и во времени и указывает на необходимость рассмотрения величины пропускной способности как вероятностной пространственно-временной характеристики.

Взаимодействие характеристик системы "ДУ-ТП", в конечном итоге, сводится к их влиянию на состояние транспортного потока, которое в значительной степени определяется поведением водителей. Выходным параметром этого взаимодействия является распре-

деление временных интервалов между автомобилями в транспортном потоке. Эта характеристика наиболее полно отражает все процессы, происходящие в реальных условиях работы транспортного потока, и прямо или косвенно связана, практически, со всеми факторами, формирующими величину пропускной способности. Поэтому для оценки пропускной способности как вероятностной пространственно-временной характеристики предлагается использовать распределение временных интервалов между автомобилями в транспортном потоке, являющееся с выходным параметром взаимодействия характеристик системы "Дорожные условия - Транспортные потоки".

В транспортном потоке различают временные интервалы двух типов: с учетом длины автомобиля  $/ \Delta t /$  и без учета последней  $/ \delta t /$ . Временной интервал, в отличие от дистанции, легко поддается измерению. Зная величину временного интервала и скорость движения автомобиля, можно легко перейти к интервалу по длине.

С точки зрения определения величины пропускной способности представляет интерес исследование минимальных интервалов, имеющих место в плотном транспортном потоке, движущемся в режиме, близком к режиму пропускной способности. Двигаясь в плотном транспортном потоке, водитель выбирает интервал до впереди идущего автомобиля, в зависимости от его скорости и типа, руководствуясь при этом собственным опытом. Поскольку все водители отличаются друг от друга, то расстояние до впереди идущего автомобиля, несмотря на весомость таких факторов как скорость и состав транспортного потока, все-таки не определяются однозначно как функция этих характеристик. Т.е. распределение минимальных интервалов в плотном транспортном потоке, кроме названных выше факторов, будет отражать и влияние психофизиологических особенностей

водителей, уровень их квалификации, опыт, что подтверждает один из аспектов гипотезы о возможности использования распределения временных интервалов для оценки величины пропускной способности.

Наблюдения за движением плотных транспортных потоков позволили установить, что распределение временных интервалов между автомобилями в таких транспортных потоках достаточно точно описывается нормальным логарифмическим законом распределения. Так как временной интервал между автомобилями представляет собой непрерывную случайную величину, то для задания закона ее распределения достаточно задать плотность распределения ее вероятностей  $f(t)$ :

$$f(t, t_0, \sigma_x) = \begin{cases} 0, & \text{при } t \leq 0 \\ \frac{1}{M_1 \sigma_x (t - 0,5) \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{u^2}{2}}, & \text{где } /1/ \\ & \text{при } t > 0 \end{cases}$$

$t_0$  и  $\sigma_x$  — параметры логарифмически нормального распределения;

$$u = \frac{\lg(t - 0,5) \lg t_0}{\sigma_x}; \quad M_1 = \frac{1}{\lg e}$$

Величина  $\lg t_0$  представляет собой математическое ожидание случайной величины  $\bar{x} = \lg t$ , а  $\sigma_x$  ее среднее квадратическое отклонение.

Вторым аспектом выдвинутой гипотезы является утверждение о том, что для полосы движения на прямом горизонтальном участке дороги при неограниченной дальности видимости распределение интервалов является функцией следующих факторов:

$$\Delta t = f(N, \bar{v}, c, \varphi) \quad , \text{ где } /2/$$

$N$  - интенсивность движения;

$\bar{V}$  - средняя скорость движения транспортного потока;

$C$  - состав транспортного потока;

$\gamma$  - коэффициент сцепления колес автомобиля с поверхностью дороги.

Интенсивность движения - один из основных факторов, оказывающих влияние на параметры распределения временных интервалов в транспортном потоке. Увеличение интенсивности приводит к повышению числа интервалов: а)ой длительности. Для оценки влияния интенсивности на внутреннюю структуру транспортного потока предлагается использовать показатель изменения внутреннего состояния транспортного потока, который представляет собой отношение разности среднеквадратических отклонений временных интервалов при различных интенсивностях к разности модальных значений при тех же значениях интенсивности и отражает смещение кривой распределения интервалов с изменением интенсивности движения:

$$k = \frac{\sigma_{N_1} - \sigma_{N_2}}{t_{mod_1} - t_{mod_2}} \quad /3/$$

Влияние состава транспортного потока на параметры распределения временных интервалов проявляется в двух аспектах: в количественном соотношении автомобилей различных типов в составе транспортного потока и в сочетаниях различных типов автомобилей, образующих пару.

Величина минимального временного интервала в значительной степени будет определяться скоростью движения автомобилей, образующих пару. С увеличением скорости движения величина минимального временного интервала растёт.

Уменьшение коэффициента сцепления приводит к увеличению среднего временного интервала между автомобилями. В значительной степени это влияние будет сказываться при ухудшении погодных условий /дождь, гололедица/.

Значение закономерностей комплексного влияния перечисленных факторов на характеристики распределения минимальных интервалов позволило использовать их при разработке методики оценки пропускной способности как вероятностной пространственно-временной характеристики.

Для описания транспортного потока, движущегося в режиме пропускной способности, использовалась гидродинамическая модель движения транспортного потока:

$$N = V_0 q \ell_r \frac{q}{q_{max}} \quad /4/$$

Выразив величину плотности через динамический габарит автомобиля, получим:

$$N = V_0 q \ell_r \left( \frac{\bar{d} + \bar{l}}{\bar{b} + \bar{l}} \right), \text{ где} \quad /5/$$

$N$  - интенсивность движения;

$V_0$  - скорость движения, соответствующая пропускной способности;

$q$  - плотность транспортного потока;

$q_{max}$  - плотность транспортного потока при заторе;

$\bar{d}$  - средняя величина дистанции между автомобилями в транспортном потоке;

$\bar{l}$  - средняя длина автомобиля в транспортном потоке;

$\bar{b}$  - средняя величина расстояния между автомобилями при заторе.

Тогда

$$\bar{V} = V_0 \ln \left( \frac{\bar{d} + \bar{L}}{\bar{s} + \bar{L}} \right). \quad /6/$$

Выражение для среднего временного интервала между передними бамперами движущихся друг за другом автомобилями, имеет вид:

$$\bar{t} = \frac{\bar{d} + \bar{L}}{V_0 \ln \left( \frac{\bar{d} + \bar{L}}{\bar{s} + \bar{L}} \right)}. \quad /7/$$

Величина пропускной способности может быть достигнута в случае, когда транспортный поток будет двигаться с такой скоростью движения, при которой будут наблюдаться минимальные временные интервалы между автомобилями в транспортном потоке:

$$\bar{t}_{min} = \frac{\bar{d}_0 + \bar{L}}{V_0}, \quad \text{где} \quad /8/$$

$\bar{d}_0$  - средняя величина дистанции между автомобилями при скорости транспортного потока  $\bar{V}_0$ .

Величина  $\bar{d}_0$  зависит от величины оптимальной скорости, которая определяется условиями движения, средней длины автомобиля в транспортном потоке, а также от состояния покрытия /сухое, влажное, гололедица/, которое определяется через коэффициент сцепления

$\varphi$  :

$$\bar{d}_0 = f(\bar{V}_0, \bar{L}, \varphi). \quad /9/$$

Тогда величина пропускной способности определится следующим выражением:

$$A = \frac{3600}{\bar{t}_{min}} = \frac{3600 \cdot \bar{V}_0}{\bar{d}_0 + \bar{L}}. \quad /10/$$

Величина  $\bar{d} + \bar{L}$  в формуле 6 представляет собой среднее расстояние между передними бамперами автомобилей при любой средней скорости транспортного потока:

$$\bar{d} + \bar{L} = (\bar{e} + \bar{L}) e^{\bar{v}/v_0} \quad /II/$$

или с использованием среднего временного интервала

$$\bar{t} \cdot \bar{v} = (\bar{e} + \bar{L}) e^{\bar{v}/v_0} \quad /I2/$$

Как видно из формулы II, эта величина зависит от средней длины автомобиля в транспортном потоке, расстояния между остановившимися автомобилями при заторе и от соотношения величин средней и оптимальной скоростей движения. Кроме того, величина расстояния между передними бамперами автомобилей зависит от состояния проезжей части, т.е. от величины коэффициента сцепления. Таким образом, для любой величины средней скорости транспортного потока величина среднего временного интервала между автомобилями равна:

$$\bar{t} = \frac{[d=f(\bar{v}, \bar{L}, g)] + \bar{L}}{\bar{v}} = \frac{[d=f(\bar{v}, \bar{L}, g)] + \bar{L}}{v_0 \ln \left( \frac{[d=f(\bar{v}, \bar{L}, g)] + \bar{L}}{\bar{e} + \bar{L}} \right)} \quad /I3/$$

Величина максимальной интенсивности, соответствующая конкретной величине средней скорости транспортного потока, с учетом величины среднего временного интервала между автомобилями определяется следующим образом:

$$N_{max} = \frac{3600}{\bar{t}} = \frac{3600 v_0 \ln \left( \frac{[d=f(\bar{v}, \bar{L}, g)] + \bar{L}}{\bar{e} + \bar{L}} \right)}{[d=f(\bar{v}, \bar{L}, g)] + \bar{L}} \quad /I4/$$

Для практического определения величины пропускной способности и максимальной интенсивности движения, соответствующей данной скорости, необходимо установление такой зависимости, которая бы связывала расстояние между передними бамперами автомобилей, скорость движения, состав транспортного потока и величину коэффициента сцепления.

В связи с этим основная задача экспериментальных исследований заключалась в изучении комплексного влияния отобранных факторов на характеристики распределения временных интервалов в плотном транспортном потоке.

В ходе экспериментальных исследований было установлено, что наибольшее влияние на характеристики распределения временных интервалов оказывает наличие в составе транспортного потока легковых автомобилей и автопоездов. Наиболее существенным образом это влияние проявляется в том случае, когда количество автопоездов в транспортном потоке превышает 20%. Кроме того, величина интервала зависит от типов автомобилей, образующих пару. По мере увеличения габаритов автомобиля, движущегося впереди, наблюдается уменьшение величины среднего временного интервала.

Ухудшение состояния проезжей части приводит к увеличению среднего и модального значений временного интервала, в то время, как величина средней скорости транспортного потока меняется незначительно. Снижение величины коэффициента сцепления наиболее существенно влияет на сочетания, образованные грузовым автомобилем и автопоездом.

Графики зависимости временного интервала от скорости движения для различных типов автомобилей представлены на рис. I.

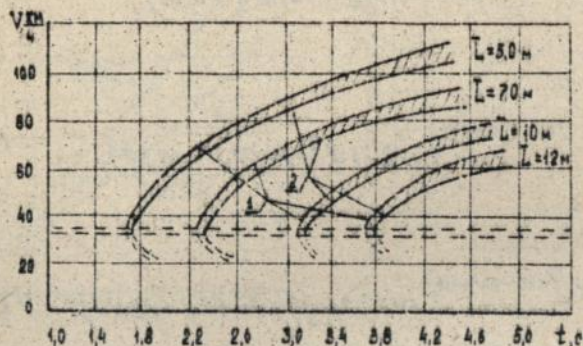


Рис. 1. Зависимость "временной интервал - скорость" для различных типов автомобилей: 1 - при движении с нарушением безопасных интервалов следования; 2 - при движении без нарушений безопасных интервалов следования.

Как показали наблюдения за движением автомобилей в плотном транспортном потоке 30-40% водителей /в отдельных случаях их число увеличивается до 50-60%/ движутся с нарушением безопасного интервала следования, т.е. наблюдаются опасные условия движения вследствие недопустимо малых временных интервалов между транспортными средствами. На основании полученных данных установлена зависимость, отражающая связь расстояния между автомобилями, средней скорости транспортного потока и коэффициента сцепления для конкретного типа автомобилей. Такие зависимости получены для следующих значений средней длины автомобиля:

$$\bar{L} = 5,0 \text{ м.}$$

$$\bar{S} = 0,102 \bar{V}^{(1,52 - 0,109 \bar{V})} + (29,15 \bar{V}^2 - 34,95 \bar{V} + 11,27);$$

/15/

$$\bar{L} = 7,0 \text{ м.}$$

$$\bar{S} = 0,102 \bar{V}^{(1,67-0,21g)} + (6,07g^2 - 14,13g + 8,88); \quad /16/$$

$$\bar{L} = 10,0 \text{ м.}$$

$$\bar{S} = 0,105 \bar{V}^{(1,76-0,24g)} + (12,86g^2 - 21,07g + 10,37); \quad /17/$$

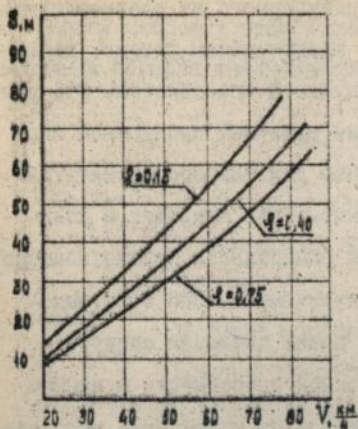
$$\bar{L} = 12,0 \text{ м.}$$

$$\bar{S} = 0,107 \bar{V}^{(1,75-0,166g)} + (17,26g^2 - 27,56g + 12,73). \quad /18/$$

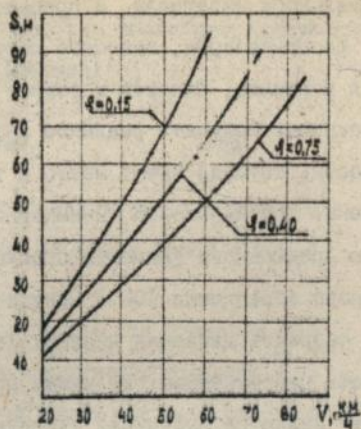
Графики этих зависимостей представлены на рис. 2.

Одной из областей практического применения результатов исследования является использование характеристик распределения временных интервалов между автомобилями в транспортном потоке для определения пропускной способности дороги. Целесообразность использования полученных результатов для решения задач при наличии АСУД на автомагистралях обусловлена, прежде всего, тем, что в таких системах ведется постоянная фиксация величины временных интервалов по каждой из полос движения, что дает возможность получения характеристик распределения, используемых в дальнейшей работе.

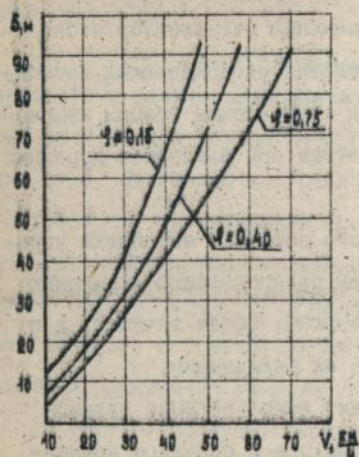
Как показали результаты наблюдений за транспортными потоками высокой плотности, величины интервалов в них колеблются в достаточно широких пределах. Это позволяет сделать вывод о необходимости использования для определения пропускной способности не



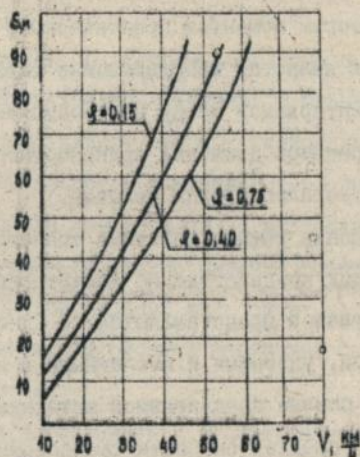
а/



б/



в/



г/

Рис. 2. Зависимость расстояния между передними бамперами автомобилей от скорости движения при различных состояниях проезжей части.

а/  $\bar{L} = 5,0 \text{ m}$ ; б/  $\bar{L} = 7,0 \text{ m}$ ; в/  $\bar{L} = 10,0 \text{ m}$ ; г/  $\bar{L} = 12,0 \text{ m}$ .

минимального интервала, а среднего, полученного из соответствующего распределения, имеющего место в транспортном потоке, движущемся в режиме, близком к режиму пропускной способности. Это дает возможность получать реальное значение величины пропускной способности, которая имеет место в течение длительного промежутка времени. Использование минимального интервала приводит к получению предельного значения пропускной способности, существование которого ограничено 10-15 минутами: аварийность при этом высокая, скорость движения низкая. Такой режим движения следует считать недопустимым. Величина пропускной способности в данном случае является величиной теоретической и не может быть использована для практических целей.

Большим моментом практического применения результатов исследования является использование характеристик распределения временных интервалов между автомобилями для определения границ изменения режимов движения транспортного потока при изменении дорожных и метеорологических условий.

Оценка режима движения транспортного потока и выработка управляющих воздействий по характеристикам распределений временных интервалов представляются, с одной стороны, более точными, а с другой, удобными и несложными в плане их реализации.

В основе предлагаемой методики лежит использование взаимосвязи средней скорости транспортного потока и среднего временного интервала для различных типов автомобилей и коэффициентов сцепления. На основании среднего временного интервала устанавливаются величины максимальных интенсивностей движения, соответствующие конкретной величине скорости для данного типового элемента. Это дает возможность, имея текущее значение интенсивности

и средней скорости транспортного потока, вести постоянную оценку величины резерва интенсивности движения.

$$R = N_{\max \bar{v}} - N_{\text{тек} \bar{v}} \quad , \text{ где}$$

$N_{\max \bar{v}}$  - максимально возможное значение интенсивности движения при средней скорости транспортного потока  $\bar{v}$  ;

$N_{\text{тек} \bar{v}}$  - текущее значение интенсивности движения при средней скорости транспортного потока  $\bar{v}$  .

Такая оценка приобретает особый смысл при решении ряда критических ситуаций, лежащих в основе стратегии управления рассматриваемой АСУД.

Все критические ситуации разделены по группам, согласно приоритетам в решении той или иной критической ситуации. В плане решаемой задачи особый интерес представляют группы критических ситуаций, связанные с ограничением скорости движения на автомагистрали и с ограничением поступления автомобилей на магистраль.

I группа включает в себя следующие ситуации: наличие гололеда; возникновение ДТП; наличие недостаточной видимости; наличие влажного покрытия; дорожно-ремонтные работы; нарушение скоростных режимов на участке контроля.

II группа: пропуск специальных автомобилей и колонн; наличие интенсивности, близкой к пропускной способности; превышение уровня загазованности; превышение уровня шума в населенном пункте.

Знание величины резерва интенсивности движения по каждой из перечисленных критических ситуаций позволяет повысить гибкость управляющих воздействий и избежать неточностей в принятии решений.

В таблице I приведены значения величин пропускной способности, рассчитанные по предлагаемой методике для полосы движения типового элемента "перегон между крупными пересечениями и примыканиями" при различных состояниях проезжей части.

Таблица I

Значения величин временных интервалов между автомобилями и пропускных способностей для полосы типового элемента

Коэффициент сцепления, $f$	При 100% легковых автомобилей		При 100% грузовых автомобилей		При 100% автобусов		При 100% автопоездов	
	$A$ , авт/ч	$I$ , с	$A$ , авт/ч	$I$ , с	$A$ , авт/ч	$I$ , с	$A$ , авт/ч	$I$ , с
0,75	1905	1,89	1445	2,48	1043	3,45	890	4,05
0,40	1538	2,34	1120	3,22	878	4,10	746	4,82
0,15	1052	3,40	898	4,01	702	5,13	586	6,14

В таблице 2 приведены значения максимальных интенсивностей движения для полосы того же типового элемента при 100% грузовых автомобилей в составе транспортного потока при различных состояниях проезжей части.

Таблица 2

Значения величины временных интервалов, максимальных интенсивностей движения для полосы типового элемента

Средняя скорость $V$ , км/ч	Состояние проезжей части					
	сухая, $f = 0,75$		влажная, $f = 0,40$		гололедица, $f = 0,15$	
	$N_{max}$ , авт/ч	$I$ , с	$N_{max}$ , авт/ч	$I$ , с	$N_{max}$ , авт/ч	$I$ , с
I	2	3	4	5	6	7
40,0	1034	3,48	845	4,26	670	5,37

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5	6	7
45,0	997	3,61	802	4,49	634	5,68
60,0	950	3,78	756	4,76	595	6,06
55,0	902	3,99	710	5,08	576	6,25
60,0	855	4,21	670	5,37	520	6,91

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ И ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

В ходе выполненной диссертационной работы разработан метод определения пропускной способности как вероятностной пространственно-временной характеристики, а также практические основы применения разработанного метода для целей управления движением на автомобильных дорогах в условиях функционирования АСУД.

Основные результаты работы заключаются в следующем:

1. Предлагается использовать единое понятие пропускной способности как характеристики состояния систем "Дорожные условия-транспортные потоки". Пропускная способность характеризует предельное состояние системы "ДУ-ТП", которое определяется возможностью пропуска максимального числа автомобилей в единицу времени через поперечное сечение автомагистрали.

2. Доказана целесообразность использования распределения временных интервалов между автомобилями в транспортном потоке как выходного параметра взаимодействия характеристик системы "ДУ-ТП" для определения величины пропускной способности, а также величин максимальных интенсивностей движения, соответствующих конкретным величинам скоростей.

3. Величина минимального временного интервала зависит от типов автомобилей: по мере увеличения габаритов впереди идущего автомобиля наблюдается уменьшение величины временного интервала. Ухудшение состояния проезжей части приводит к увеличению величин среднего и модального значений интервалов при, практически, неизменной величине средней скорости транспортного потока.

4. При движении транспортного потока в режиме, близком к режиму пропускной способности, от 30 до 60% водителей нарушают безопасный интервал следования.

5. Разработана методика определения величины пропускной способности как вероятностной пространственно-временной характеристики на основе распределения временных интервалов в транспортном потоке. Предложены практические методы использования результатов исследований для автоматизированного управления дорожным движением, повышающие гибкость управляющих воздействий.

6. Дальнейшие исследования должны быть направлены на изучение длительности существования и периодичности появления режимов пропускной способности и их влияния на уровень безопасности движения.

По теме диссертации опубликованы следующие работы:

1. Красильникова О.В. Пропускная способность дороги как вероятностная пространственно-временная характеристика // Автомобильные дороги и дорожное строительство. - Киев, 1988. - Вып.42. - С.92-95.

2. Красильникова О.В. Закономерности распределения минимальных временных интервалов в транспортном потоке // Автомобильные дороги и дорожное строительство. - Киев, 1990. - Вып.47. - С. 73-77.

3. Полищук В.П., Красильникова О.В. Оценка пропускной способности при использовании АСУД на дорогах высших категорий. Деп. 24.09.90, № 1624 - УК90.-С.9.

4. Красильникова О.В. Закономерности распределения временных интервалов в плотных транспортных потоках. // Обеспечение надежности дорог, мостов и безопасности движения: Тез. докл. на III краевой научно-технической конференции. - Анапа, 1990. - С.19.

5. Полищук В.П., Красильникова О.В. Учет вероятностного характера пропускной способности при использовании АСУД на дорогах высших категорий. // Безопасность движения: Тез. докл. на научной конференции. Таллин, 1990. - С.180.





AB 26.464

**AB 26.464**