

### Выводы

Показана возможность получения на основе нецементного минерального фосфатно—магниевого вяжущего и золы-уноса теплоэлектростанций с использованием наномодифицирующих добавок:

- быстротвердеющих материалов и изделий общестроительного назначения с содержанием золы-уноса до 70% от массы материала;
- быстротвердеющих теплоизоляционных, в том числе и многослойных, материалов с пониженным коэффициентом теплопроводности и повышенной прочностью;

*В статті обґрунтовано вибір показників ефективності для метода контурного управління дорожнім рухом на вулично-дорожній мережі міст, який запропоновано авторами. Наводяться результати розрахунків на прикладі міста Полтави*

*Ключові слова: автомобільний транспорт, вулично-дорожня мережа, транспортні засоби, організація дорожнього руху, транспортний потік*

*В статье обоснован выбор показателей эффективности для предлагаемого авторами метода контурного управления дорожным движением на улично-дорожной сети городов. Приводятся результаты расчетов на примере города Полтавы*

*Ключевые слова: автомобильный транспорт, улично-дорожная сеть, транспортные средства, организация дорожного движения, транспортный поток*

*In this paper we present our substantiation of choice of efficiency factors for the suggested by the authors method for road traffic path control within urban street networks. We also present calculations by the example of the city of Poltava*

*Key words: motor transport, street network, vehicles, road traffic control, traffic flow*

### Введение

В последние десять лет в Украине существенно увеличилось количество автотранспортных средств. Автомобильные заторы на магистралях города в часы пик стали обыденным явлением. Сегодня назрела острая необходимость повышения эффективности управления транспортными потоками. Создание и применение новых алгоритмов управления транс-

- быстротвердеющих универсальных безусадочных ремонтных составов для проведения разнообразных ремонтных работ, в том числе и для ремонта бетонных сооружений, находящихся под воздействием агрессивных сред.

### Литература

1. Л.Г.Судакис Фосфатные вяжущие системы.- СПб: РИА «Квинтет»,2008.-260с.
2. Патент РФ № 2362752.

УДК 621.863.2

## ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ КОНТУРНОГО УПРАВЛЕНИЯ ДОРОЖНЫМ ДВИЖЕНИЕМ

**Л.С. Абрамова**

Кандидат технических наук, доцент\*

**Н.С. Чернобаев**

Ассистент\*

\*Кафедра транспортных систем  
Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет  
ул. Петровского, 25, г. Харьков, 61200  
Контактный тел.: (057) 707-37-06

портными потоками, для магистральных улиц городов, является практически необходимой задачей.

### Цель и постановка задачи

Целью нашего исследования является повышение эффективности управления дорожным движением. В связи с этим, процесс дорожного движения рассматри-

вается в рамках системы «Дорожные условия – Транспортный поток».

В процессе функционирования система достигает определенного результата – эффекта. Под эффективностью системы понимается степень фактического достижения предполагаемого результата, т.е. степень соответствия действительного результата тому, который должен иметь место при всей полноте выполнения системой своих функций при идеализации процессов происходящих в системе. Эффективность системы зависит от того, насколько эффективны ее подсистемы, и наоборот.

Процесс достижения цели исследований реализуется путем обеспечения оптимального режима движения автотранспортных средств на контуре улично-дорожной сети города, который достигается путем координации режима работы технических средств регулирования дорожного движения с учетом параметров транспортного потока и элементов улично-дорожной сети города.

---

### Основная часть

---

Параметры контурного управления можно условно разделить на три группы: параметры улично-дорожной сети (УДС), параметры транспортного потока и управляющие параметры модели.

Параметры, характеризующие элементы улично-дорожной сети, изменяются достаточно редко, поэтому принимаем их как постоянные при решении задачи. Точность значений параметров УДС определяется исключительно инструментальной и субъективной погрешностью измерений. Исходя из этого, можно предположить, что существенного влияния на эффективность управления дорожным движением, точность определения параметров улично-дорожной сети не оказывает.

Определение текущих параметров транспортного потока, является задачей сложной и трудоемкой. Однако при расчете управляющих параметров дорожного движения, большинство исследователей применяют усредненные значения параметров транспортного потока за некоторый интервал времени. На основании проведенного анализа предполагаем, что данные об интенсивности и скорости транспортного потока, полученные известными методами натуральных наблюдений также обладают инструментальной и субъективной погрешностью. Применение современных методов и способов измерения параметров транспортного потока, основанных на видеонаблюдении, поможет повысить точность определения управляющих параметров дорожного движения, однако существенного влияния на точность метода определения управляющих параметров не окажут, так как исходные данные о значениях параметров транспортного потока, полученные в on-line режиме, требуют обобщения до среднечасовых значений. Расчет управляющих параметров производится на основании обобщенных данных о параметрах транспортного потока.

При управлении автомобилем водитель должен получать информацию об управляющих параметрах – рекомендуемой скорости движения, существенных изменениях в схемах организации дорожного движе-

ния, возможных маршрутах следования. Это возможно реализовать посредством установки управляемых информационных знаков, с указанием рекомендуемой скорости движения транспортного потока на текущем участке контура УДС и прочей необходимой информации.

К параметрам эффективности организации дорожного движения относят следующие группы параметров:

а) Параметры эффективности управления:

- средняя скорость;

- расход топлива.

б) Экологические параметры управления:

- расход топлива;

- объем выброса вредных веществ в атмосферу.

в) Параметры надежности управления:

- максимальная скорость;

- параметр неравномерности движения, это средне-квадратичное отклонение продольного ускорения от среднего значения.

Чтобы применить перечисленные параметры эффективности управления для оценки разработанной методики управления необходимо:

- измерить выбранные параметры;

- определить их нормативные значения;

- сопоставить результаты измерений с нормативом и оценить предложенный режим управления.

Нормативные значения параметров определяются как схемами организации дорожного движения, так и выбранной моделью управления. Так, рекомендуемая скорость движения – является расчетной величиной, а максимальная – определяется правилами дорожного движения.

Оценку эффективности метода контурного управления по параметру расхода топлива провести сложно, так как значение данного параметра во многом зависит от особенностей поведения каждого из водителей и состава транспортного потока.

В связи с тем, что в основу предложенного нами метода контурного управления положен принцип равенства скоростей на соседних перегонах УДС, наиболее приемлемым параметром оценки эффективности был выбран параметр шума ускорения, который в теории транспортного потока принят, как показатель качества движения, характеризующий равномерность движения. По дороге с малой интенсивностью движения водитель едет равномерно, с удобной для него скоростью. При увеличении интенсивности транспортного потока до уровня, когда ограничивается желаемая скорость движения, водитель вынужден менять режим движения, перестраиваясь в другой ряд с замедлением или ускорением, что приводит к существенному отклонению текущей скорости от равномерной. Таким образом, шумом ускорения является среднее квадратичное отклонение ускорения и его можно рассматривать как показатель неравномерности движения при отклонении автомобиля от равномерного режима движения.

Известны исследования [1] зависимости качества управления водителем автомобилем от параметра шума ускорения. При увеличении шума ускорения эффективность управления снижается. На рис. 1 приведен график зависимости граничных значений шума ускорения  $\sigma_a$  от максимальной скорости  $V_{max}$ , для определения областей надежного, ненадежного и опасного

управления легковым автомобилем. Граничные значения шума ускорения получены в результате анализа литературных источников [1, 2].

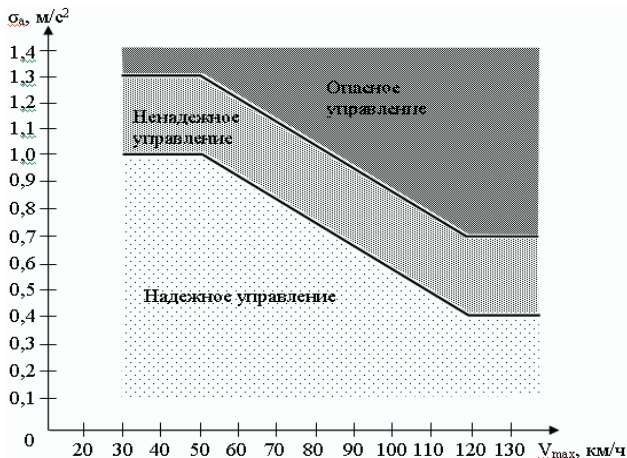


Рис. 1. Зависимость граничных значений шума ускорения  $\sigma_a$ , соответствующих различным уровням управления легковым автомобилем от максимальной скорости  $V_{max}$

Согласно энергетическому подходу, коэффициент полезного действия (КПД) для транспортного потока определяется как отношение кинетической энергии к общей энергии ТП (4.1) и наибольшая его величина характеризует минимум энтропии ТП, а значит, и предельно допустимый уровень техногенной опасности ТП. Понятие техногенной опасности ТП на УДС городов включает в себя главные аспекты опасности: дорожную аварийность и уровень загрязнения атмосферного воздуха – в их неразрывной взаимосвязи. С другой стороны, исследуемое отношение представляет собой нормированную величину кинетической энергии ТП.

$$КПД = \frac{W_k}{W_{общ}}, \tag{1}$$

где  $W_k$  - кинетическая энергия транспортного потока;

$W_{общ}$  - общая энергия транспортного потока.

Поскольку кинетическая энергия ТП является энергией движения, то ее уменьшение обуславливается уменьшением количества движения в ТП, т.е. его упорядоченности. Увеличение энтропии ТП проявляется через усложнение ездовых циклов отдельных автотранспортных средств по сравнению с ездовыми циклами, наблюдаемыми при максимальной кинетической энергии ТП. Производство интенсивности и плотности ТП является характеристикой текущего уровня его энтропии. Поскольку в это производство входят как пространственная (плотность), так и временная (интенсивность) характеристики, данный параметр можно назвать «пространственно-временной емкостью ТП».

Следовательно, для повышения эффективности функционирования транспортной системы необходимо увеличить полную энергию движения ТП, добывая одновременно снижения шума ускорения.

Энергетическими критериями оценки эффективности дорожного движения принимаем шум ускорения и градиент скорости. Эти критерии оценивают основ-

ные параметры дорожного движения – равномерность режима движения и временные задержки движения. Соотношения, определяющие энергетические критерии имеют следующий вид:

шум ускорения

$$\sigma_a = \left( \frac{1}{T} \int_0^T (a_i - \bar{a})^2 dt \right)^{\frac{1}{2}}, \tag{2}$$

градиент скорости

$$G_v = \frac{\sigma_a}{v_c}, \tag{3}$$

где  $a_i$  - текущее значение ускорения транспортного потока на исследуемом участке дороги,  $м/с^2$ ,

$v_i$  - текущее значение скорости транспортного потока на исследуемом участке дороги,  $м/с$ ,

$T$  - время движения,  $с$ ,

$dt$  - промежуток времени между двумя измерениями,  $с$ ,

$v_c$  - средняя скорость движения на участке дороги,  $м/с$ .

При оценке условий движения по параметру шум ускорения руководствуемся следующими значениями:

$\sigma_a < 0,25 \text{ м/с}^2$  – благоприятные условия движения;

$0,25 < \sigma_a < 0,45 \text{ м/с}^2$  – удовлетворительные условия движения;

$\sigma_a > 0,45 \text{ м/с}^2$  – сложные условия.

Шум ускорения объективно характеризует степень неравномерности движения. С увеличением времени проезда участка дороги при одних и тех же колебаниях скорости происходит уменьшение шума ускорения пропорционально корню квадратному из времени проезда участка дороги (2), что наглядно демонстрирует рис. 2. Данные получены при проезде одного и того же участка дороги с изменением времени простоя на перекрестке от 1 до 45 с. При задержке на перекрестке более 25 с шум ускорения становится меньше, чем при безостановочном равномерном движении, хотя фактически такая величина задержки свидетельствует о недостаточном уровне организации дорожного движения.

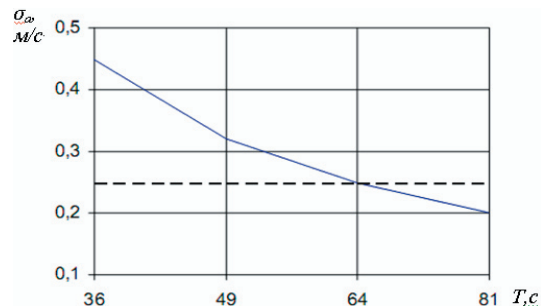


Рис. 2. Изменение шума ускорения при увеличении времени проезда участка дороги за счет простоя на перекрестке

Учитывая рассмотренные ограничения, параметр шум ускорения предпочтительно применять для оценки условий движения на магистралях безостановочного движения. При этом для оценки условий движения на улично-дорожной сети города целесообразнее применять градиент скорости. Этот критерий так же, как

и шум ускорения, реагирует на колебания скорости, однако его значения в большей степени учитывает временные задержки при движении. Дифференциацию степени сложности условий движения по величине градиента скорости рекомендуется производить, ориентируясь на следующие значения:

$G_v < 0,05 \text{ с}^{-1}$  – благоприятные условия движения;

$0,05 < G_v < 0,1 \text{ с}^{-1}$  – удовлетворительные условия;

$G_v > 0,1 \text{ с}^{-1}$  – сложные условия движения.

Проведенные экспериментальные исследования дорожно-транспортной ситуации на магистралях города Полтавы показывают, что изменение градиента скорости на 60% обусловлено неравномерностью движения и на 40% - задержками при движении. Этот критерий является более универсальным и может использоваться для оценки эффективности организации дорожного движения на регулируемой улично-дорожной сети города. Полученные зависимости между градиентом скорости и параметрами дорожного движения приведены на рис. 3 и 4.

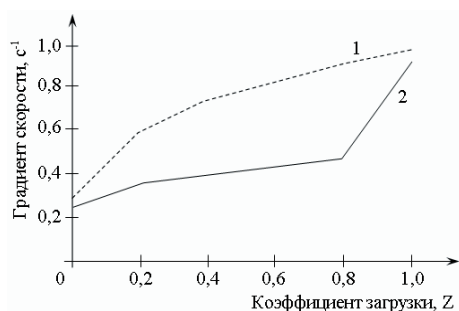


Рис. 3. Зависимость градиента скорости от уровня загрузки при локальном управлении (1) и координированном управлении (2)

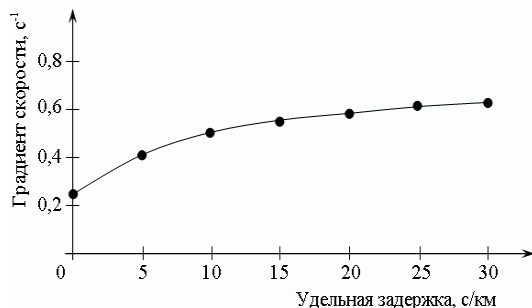


Рис. 4. Зависимость градиента скорости от удельной задержки транспортного потока

Расчетное соотношение для искомого параметра, шума ускорения, определяется формулой (4), которая получается путем математических преобразований отношения (2)

$$\sigma_a = \sqrt{\frac{\Delta V^2}{t} \cdot \sum_0^T \frac{n}{\Delta t} - \frac{V_1 - V_0}{t}}, \quad (4)$$

где  $\Delta V$  – изменение скорости на некоторую абсолютную величину, например, 1 м/с;

$\Delta t$  – отрезок времени, с, в течение которого происходило изменение скорости на величину  $\Delta V$ . Рекомендуется принимать  $\Delta t = 1 \text{ с}$ ;

$T$  – продолжительность измерений, с;

$n$  – число зафиксированных измерений скорости  $\Delta V$  на отрезке  $\Delta t$ , как правило, при  $\Delta t = 1 \text{ с}$ ,  $n = 1 \text{ с}$ ,  $\sum n$  – есть число секунд, в течение которых скорость изменилась на величину  $\Delta V$ ;

$V_0$  – скорость на входе в исследуемый участок, м/с;

$V_1$  – скорость на выходе из исследуемого участка, м/с.

Градиент скорости, определен по формуле (5), в новых переменных

$$G_v = \frac{\sigma_a}{\bar{V}}, \quad (5)$$

где  $\bar{V}$  – математическое ожидание распределения скорости, м/с;

$\sigma_a$  – шум ускорения (среднее квадратическое отклонение распределения ускорений на исследуемом участке), м/с.

## Выводы

Таким образом, выбор параметров для оценки эффективности предлагаемого метода контурного управления проводили путем анализа изменения фактической скорости транспортного потока на тестовом контуре улично-дорожной сети города Полтавы до и после введения управления. Полученные результаты подтверждают корректность выбора показателей эффективности и действенность метода контурного управления на улично-дорожной сети городов.

## Литература

1. Майборода О.В. Кто он безопасный водитель? Для повышения безопасности необходимо изменить поведение водителей// Автомоб. транспорт. – М.: 2003, №11, с. 25-26.
2. Дрю Д. Теория транспортных потоков и управление ими / Пер. с англ. Коваленко Е. Г. и Шермана Г. Д. Под редакцией чл. – корр. АН СССР Бусленко Е.Г. – М.: Транспорт, 1972 – 357 с.