транспортного риска, математически формализованных посредством выражений (1)–(6), позволила разработать структуру интегрального транспортного риска, имеющую вид (14). Поскольку эффективность городской ДТС определяется уровнем энтропии ТП (уровнем неопределенности в системе дорожного движения), то при разработке мероприятий по повышению безопасности движения полученная количественная мера риска (14) может выступать основополагающим критерием оптимизации в транспортных задачах в условиях неопределенности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Клинковштейн, Г. И.* Организация дорожного движения: учебник для вузов / Г. И. Клинковштейн, М. Б. Афанасьев. – М.: Транспорт, 2001. – 247 с.

2. *Кондратьев, В. Д.* Повышение безопасности дорожного движения в 2006–2012 годах. Комментарии к основным положениям Федеральной целевой программы // Наука и техника в дорожной отрасли. – 2006. – № 2. – С. 1–3.

3. *Малинецкий, Г. Г.* Управление риском. Риск, устойчивое развитие, синергетика. – М.: Наука, 2000. – 432 с.

4. *Хохлов, Н. В.* Управление риском. – М.: ЮНИТИ–ДАНА, 1999.– 468 с.

5. *Белов, П. Г.* Методологические основы менеджмента техногенного риска // Безопасность в техносфере. – 2006. – № 1. – С. 10–14.

6. *Beaver, W. H.* Risk Management: Problems and Solutions / W. H. Beaver, G. Parker. – Stanford University Press, McCraw–Hill, 1995. – 215 p.

7. *Бадалян А. М.* Оценка уровня безопасности движения на двухполосных дорогах методом имитационного моделирования: дис. … канд. техн. наук. – М.: МАДИ (ГТУ), 2005. – 321 с.

8. *Жданов, В. Л.* Интегральная оценка безопасности транспортных потоков на улично-дорожной сети // Транспорт: наука, техника, управление. – 2008. – № 7. – С. 46–51.

9. *Трофименко Ю. В.* Теория экологических характеристик автомобильных энергоустановок: дис. … доктора техн. наук. – М.: МАДИ (ГТУ), 1996. – 355 с.

□ Автор статьи

Жданов
Вячеслав Леонидович
– старший преп. каф.автомобильных
перевозок КузГТУ
Тел. 8-960-921-14-07
E-mail: Slava.jr@rambler.ru

УДК 656.013.08.577

В. Л. Жданов

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ОПЕРАТИВНОСТИ ОЦЕНОК ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ ГОРОДСКИХ ТРАНСПОРТНЫХ ИСТОЧНИКОВ

Объективно самые высокие темпы развития автомобильного транспорта (АТ) в мировом масштабе по сравнению с другими видами транспорта приводят к тому, что без проведения дополнительных мероприятий возрастают и негативные последствия автомобилизации. Постоянный рост как мирового парка автотранспортных средств, так и парка отдельно взятого города ужесточают требования по ограничению негативных аспектов дорожно-транспортной системы.

Как известно, среди всех негативных аспектов для городской дорожно-транспортной системы наибольшую актуальность имеет высокий уровень отрицательного воздействия транспортных потоков (ТП) на окружающую среду (ОС). Следовательно, в городских условиях большое значение имеют организационные мероприятия по снижению экологической нагрузки (ЭН) транспортных источников. При этом для обоснования эффективности таких мероприятий требуется методика объективной оценки существующего уровня ЭН городских ТП. Любая из подобных методик базируется на использовании системы оценочных критериев, по численным значениям которых можно определить предельно допустимый уровень ЭН для исследуемого города, а также степень его превышения в реальных условиях и эффективность различных методов снижения нагрузки.

Однако при построении методик оценки уровня ЭН всегда приходится решать сложную задачу обеспечения требуемой точности расчетов при минимизации их трудоемкости. Таким образом, чтобы получить оценочную методику экологического воздействия АТ на ОС, удобную в практи-

ческом применении, следует пристальное внимание уделять обеспечению высокой степени оперативности используемых критериев, что и является целью настоящих исследований.

Исследования в области экологических характеристик городских транспортных источников, проведенные автором в работе [1], позволили доказать, что в общей структуре ЭН городской дорожно-транспортной системы подавляющую долю занимает загрязнение атмосферы вредными веществами. Поэтому при практических исследованиях уровень ЭН от ТП оценивается через призму концентрации токсических веществ в атмосфере. Анализ механизма воздействия ТП на воздушную среду города позволил построить модель расчета уровня ЭН, выраженного через концентрацию вредных веществ в атмосфере, которая имеет вид

$$C = \frac{w_{cp} \cdot q \cdot k}{\theta}, \text{ мг/м}^3, \qquad (1)$$

где C – концентрация вредных веществ в атмосфере, мг/м^3;

w_{cp} – средний пробеговый выброс вредных веществ от автомобилей в ТП, мг/м;

q – интенсивность движения, с$^{-1}$;

k – плотность ТП, м$^{-1}$;

θ – скорость ветра, м/с.

Таким образом, можно предположить, что практические методики оценки уровня ЭН должны базироваться на произведении интенсивности и плотности движения, которое может рассматриваться в качестве оценочного критерия негативного воздействия ТП на ОС. Данное произведение названо «пространственно-временной емкостью ТП», поскольку включает в свою структуру как пространственную (плотность ТП), так и временную (интенсивность движения) характеристики ТП:

$$e = q \cdot k, \text{ (м·с)}^{-1}, \qquad (2)$$

где e – пространственно-временная емкость ТП, (м·с)$^{-1}$.

Чтобы разрабатывать практические мероприятия, направленные на снижение уровня ЭН городских источников, необходимо, чтобы модель (1) обеспечивала достаточную точность определения фактической степени негативного воздействия на атмосферу при минимальной трудоемкости расчетов. Следовательно, актуален вопрос анализа оперативности емкости ТП (2) как критерия оценки уровня ЭН на ОС.

На первый взгляд можно предположить, что емкость ТП, выраженная в первоначальном виде (2), не сможет обеспечить требуемой оперативности достоверной оценки уровня ЭН, поскольку в этом случае практическое измерение емкости ТП доступными методами и средствами будет весьма затруднено в силу сложности экспериментального определения плотности потока [2, 3]. Поэтому следует рассмотреть возможность посредством использования определенных аналогов плотности выразить емкость ТП таким образом, чтобы повышение оперативности получаемых при ее применении оценок уровня ЭН осуществлялось не в ущерб другим положительным сторонам емкости (достоверность, универсальность и т. п.). Другими словами, информативный признак емкости ТП должен оставаться неизменным.

Наиболее точным аналогом плотности, который включает в себя все ее основные информативные признаки, является занятость участка дороги [2-4]. Для решения поставленной задачи необходимо исследовать предполагаемую структуру занятости участка дороги с точки зрения возможности обеспечения автоматического сбора информации о ее значениях в произвольных условиях движения (что как раз и обеспечит требуемую оперативность получаемых оценок уровня ЭН).

При таком подходе следует рассмотреть участок дороги длиной X, на котором расположено N автомобилей. Тогда плотность этого ТП находится как отношение $k = \frac{N}{X}$. Известно, что для автоматического сбора информации о параметрах состояния ТП (это, прежде всего, интенсивность и скорость движения) используют детекторы транспорта различного исполнения (индуктивные, ультразвуковые, фотоэлектрические, инфракрасные и т. п.), которые при прохождении автомобилями исполнительного элемента детектора в заданном сечении дороги генерируют импульсы, регистрирующие присутствие автомобилей [4, 5]. Для получения полной картины о параметрах состояния ТП на всем протяжении рассматриваемого участка, детектор транспорта должен находиться в сечении, соответствующем началу данного участка. Например, за начало исследуемого участка можно принять перекресток с адаптивным светофорным регулированием, реализация которого, как известно, требует использования детекторов транспорта [6]. Если на участке дороги длиной X находится N автомобилей, очевидно, за фиксированный период времени наблюдения T детектор транспорта в начале участка должен генерировать N импульсов (рис. 1). Ширина каждого импульса во времени определяется, прежде всего, типом транспортного средства и его длиной. Согласно рис. 1, занятость участка дороги Z, в течение времени наблюдения T определяется как

$$Z = \frac{\sum_{i=1}^{N} \Delta t_i}{T}, \qquad (3)$$

где Δt_i – ширина во времени i-го импульса (соответствующего проезду через детектор транспорта i-го автомобиля), с.

Если в процессе сбора информации о состоя-

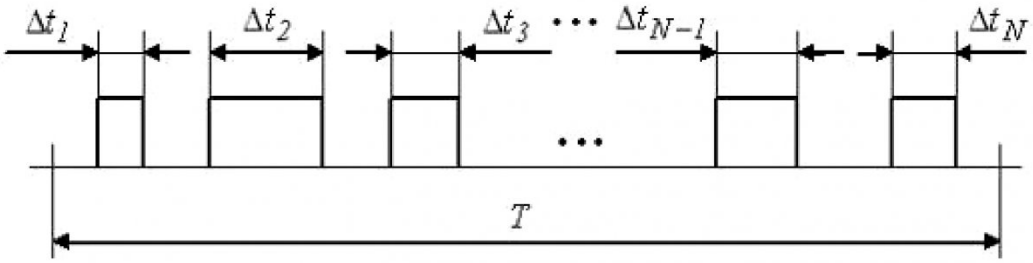

Рис. 1. Импульсы на выходе детектора транспорта в начале участка

нии дорожного движения измерять скорость транспортных средств, а затем перейти к ее средней величине, то через ширину во времени i-го импульса можно определить длину i-го транспортного средства

$$l_{a_i} = \overline{V} \cdot \Delta t_i \text{ , м,} \qquad (4)$$

где l_{a_i} – длина i-го автомобиля в ТП, м;

$\overline{V}$ – средняя скорость исследуемого ТП, м/с.

Теперь через уже известную среднюю скорость ТП можно выразить протяженность рассматриваемого участка дороги X

$$X = \overline{V} \cdot T \text{ , м.} \qquad (5)$$

Аналогично скорости, от индивидуальных значений параметров Δt_i и l_{a_i} можно перейти к их средним значениям для всего ТП в целом

$$\Delta \bar{t} = \frac{\sum_{i=1}^{N} \Delta t_i}{N}, \quad \bar{l}_a = \frac{\sum_{i=1}^{N} l_{a_i}}{N} = \frac{\sum_{i=1}^{N} \overline{V} \cdot \Delta t_i}{N}. \qquad (6)$$

Как следствие, учитывая полученные выражения (3) – (6), плотность ТП можно выразить следующим образом

$$k = \frac{N}{X} = \frac{N}{\overline{V} \cdot T} = \frac{N \cdot \bar{l}_a}{\overline{V} \cdot T \cdot \bar{l}_a} = \frac{\sum_{i=1}^{N} \overline{V} \cdot \Delta t_i}{\overline{V} \cdot T \cdot \bar{l}_a} = \frac{\overline{V} \sum_{i=1}^{N} \Delta t_i}{\overline{V} \cdot T \cdot \bar{l}_a} = \frac{Z}{\bar{l}_a} \text{ , м}^{-1}. \qquad (7)$$

Подставляя выражение (7) в структуру емкости ТП e, определяемое выражением (2), и учитывая (4), названная структура примет вид

$$e = q \cdot k = \frac{\sum_{i=1}^{N} \Delta t_i}{N} \cdot \frac{N^2}{T^2} \cdot \frac{1}{\bar{l}_a} = \Delta \bar{t} \cdot q^2 \cdot \frac{1}{\bar{l}_a} = \frac{q^2}{\overline{V}} \text{ , (м·с)}^{-1} \qquad (8)$$

или

$$e = q \cdot k = \frac{N}{T} \cdot \frac{N}{X} = \frac{N}{T} \cdot \frac{N}{\overline{V} \cdot T} = \frac{N^2}{T^2 \cdot \overline{V}} = \frac{q^2}{\overline{V}} \text{ , (м·с)}^{-1}. \qquad (9)$$

Стоит обратить внимание на тот факт, что аналогичный результат получают при использовании основного уравнения ТП $q = k \cdot V$ [2, 4, 6]. Действительно, поскольку обычными экспериментальными методами плотность потока определить достаточно сложно, то при практических исследованиях она, как правило, выступает в роли зависимой величины. Согласно основному уравнению ТП, его плотность определяется как $k = \frac{q}{\overline{V}}$. Отсюда, структура емкости ТП может быть преобразована к следующему виду

$$e = q \cdot k = q \cdot \frac{q}{\overline{V}} = \frac{q^2}{\overline{V}} \text{ , (м·с)}^{-1}. \qquad (10)$$

Идентичные результаты, полученные при различных подходах к анализу структуры емкости ТП, являются дополнительным аргументом объективности проведенных исследований.

Таким образом, результаты анализа возможной степени оперативности емкости ТП при ее использовании в качестве критерия оценки уровня ЭН на ОС содержатся в выражениях (8), (9) и (10), которые позволяют сделать следующее основное обобщение. Интенсивность движения и скорость макроисточника по сравнению с его плотностью измерить гораздо легче, не прибегая к использованию сложных методов и дорогостоящих приборов по сбору данных об условиях движения. В этом случае емкость ТП можно определить при обычных экспериментальных исследованиях дорожного движения, что повышает оперативность оценок экологических характеристик макроисточников вообще и данного параметра в частности. Следовательно, достаточно высокая степень оперативности емкости потока как критерия оценки уровня его ЭН при негативном воздействии на ОС подтверждается.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Жданов, В. Л.* Построение модели расчета экологической нагрузки транспортных источников в го-

родах // Вестн. Кузбасского гос. тех. унив., 2009. № 1. – С. 69–73.

2. Организация и безопасность дорожного движения / В. И. Коноплянко [и др.]. – Кемерово: Кузбассвузиздат, 1998. – 236 с.

3. Автотранспортные потоки и окружающая среда: учеб. пособие для вузов / В. Н. Луканин [и др.]. – М.: ИНФРА-М, 1998. – 408 с.

4. *Иносэ, Х.* Управление дорожным движением: под ред. Блинкина М. Я.: пер с англ. / Х. Иносэ, Т. Хамада.– М.: Транспорт, 1983. – 248 с.

5. *Jones, W. D.* Forecasting traffic flow // IEEE Spectrum, 2001. – № 1. – P. 90–91.

6. *Кременец, Ю. А.* Технические средства организации дорожного движения: учеб. для вузов / Ю. А. Кременец, М. П. Печерский, М. Б. Афанасьев. – М.: ИКЦ «Академкнига», 2005. – 279 с.

Автор статьи

Жданов
Вячеслав Леонидович
– старший преп. каф.автомобильных
перевозок КузГТУ
Тел. 8-960-921-14-07
E-mail: VLZhdanov @rambler.ru

УДК 625.7:624.13.001.86

А.О. Афиногенов

К ВОПРОСУ НАЗНАЧЕНИЯ СТРОИТЕЛЬНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ГЛИНИСТЫХ ГРУНТОВ

Экономически целесообразное строительство различных сооружений из глинистых грунтов (насыпей автомобильных и железных дорог, аэродромов, грунтовых плотин и т.п.) невозможно без разработки методических основ управления их плотностью, научного обоснования требований к степени уплотнения, поскольку плотность грунта сооружения является основным параметром, характеризующим устойчивость земляного полотна, обеспечивающим заданные потребительские свойства сооружения [1]. Исследования, выполненные автором применительно к автомобильным дорогам общего пользования [2], выявили эффективность повышенного (по отношению к действующим нормам) уплотнения грунта земляного полотна. С другой стороны, среди специалистов-практиков довольно широко распространено мнение, что достичь в процессе строительства показателей плотности, требуемых действующими нормами, весьма сложно, а иногда и невозможно без специальных дорогостоящих мероприятий.

Изучению зависимости прочности и других свойств грунта от его плотности посвящены многочисленные фундаментальные труды крупнейших геотехников. Среди отечественных ученых следует отметить проф. Н. Н. Маслова, чл.-корр. АН СССР Н. А. Цытовича, проф. Н. Я. Хархуту, Г. М. Шахунянца, В. Д. Казановского и многих других. К сожалению, при этом региональные аспекты проблемы рассмотрены недостаточно, хотя результаты целого ряда исследований говорят о важности учета особенностей района строительства. Например, работ, посвященных технологическим проблемам обеспечения требуемой плотности грунтов в насыпях автомобильных дорог на территории Кемеровской области, практически нет.

Рис. 1. Дорожно-климатическое районирование Кемеровской области по В. Н. Ефименко

Для ликвидации данного пробела была вы-