

К ВОПРОСУ ОБЪЕКТИВНОСТИ МЕТОДОВ РАСЧЕТА ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ ГОРОДСКИХ ТРАНСПОРТНЫХ ИСТОЧНИКОВ

В условиях интенсивного развития автомобильного парка городов, которое увеличивает диспропорцию с уровнем развития улично-дорожной сети (УДС), для обеспечения высокой эффективности функционирования дорожно-транспортного комплекса (ДТК) с экологической точки зрения постоянно увеличивается жесткость требований к наносимому окружающей среде (ОС) ущербу от городских транспортных систем. В этой ситуации все более значимым становится объективность методов расчета экологической нагрузки (ЭН) транспортных потоков (ТП), на основе которых можно будет определить реальный уровень социально-экономических потерь, связанный с негативным воздействием городских транспортных источников на ОС. Данный аспект играет важную роль, так как в настоящее время экономическая составляющая является определяющей при обосновании мероприятий по повышению эффективности функционирования ДТК в целом и снижения уровня ЭН на ОС в частности.

В общем случае, рассматривая все возможные причины неблагоприятной ситуации при использовании существующих методов расчета ЭН, можно выделить их две основные группы:

- недостаточно точное описание процесса воздействия ТП на ОС, что ведет к существенным погрешностям и достоверность результатов вызывает сомнение;

- излишне детализированный подход при данном описании, что порождает низкую оперативность и снижает универсальность названных методов.

Такое положение объясняется крайне высокой сложностью решения задачи формирования объективных методов расчета ЭН из-за специфики ТП как источника данной нагрузки, многочисленности действующих факторов и разнообразия транспортных, градостроительных, топографических, метеорологических и других ситуаций. Как следствие, решение сформулированной задачи необходимо искать в рамках системного подхода, когда учитываются все структурные и функциональные связи в ТП, а также определяется характер взаимного влияния параметров его состояния.

В настоящее время недостатка в методах расчета и в критериях оценки уровня ЭН на ОС нет. Однако, в контексте поставленной в настоящих исследованиях цели, актуален вопрос о правомерности их использования в произвольных условиях движения и насколько объективно они определяют уровень ЭН городских транспортных источников.

Для решения этой проблемы удобнее всего воспользоваться теорией размерности. Как из-

вестно, основной постулат данной теории гласит, что при достоверном описании того или иного процесса должно выполняться соответствие размерностей входящих в описание составляющих (хотя стоит отметить, что данное условие является необходимым, но не достаточным). Этого достаточно для достижения поставленной цели, так как при выявлении недостатков существующих методов расчета ЭН одновременно можно определить границы, внутри которых следует искать резервы повышения их объективности.

Негативное воздействие автомобильного транспорта на ОС осуществляется по многим направлениям (загрязнение атмосферы, гидросфера, почв, транспортная вибрация, тепловое и электромагнитное излучение, акустическое загрязнение и т. д.) [1, 2]. Однако воздействие городских ТП в селитебных районах проявляется прежде всего через выбросы вредных веществ в атмосферу и акустическое загрязнение. В таком случае на первом этапе исследований можно ограничиться каким-то одним из направлений воздействия.

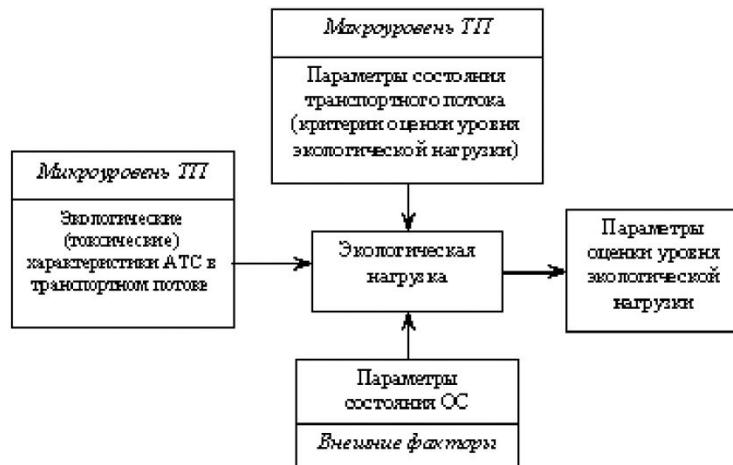


Рис. 1. Формализованная схема расчета уровня ЭН транспортных источников

Обобщая известные методы расчета уровня экологической нагрузки ТП, процесс описания и построения моделей негативного воздействия на ОС в формализованном виде можно представить следующим образом (рис. 1). Стрелки на схеме указывают на существование зависимости между составляющими, хотя характер зависимостей может быть различным.

Наиболее интенсивному воздействию со стороны автомобильного транспорта подвергается воздушная среда сельебных районов городов, поскольку в них происходит массовое проникновение ТП и выбросы загрязняющих веществ происходит на очень небольшой высоте на уровне дыхания человека (0,6–1,0 м). Тогда ЭН в первом приближении можно рассматривать с точки зрения величины выбросов вредных веществ. Среди множества параметров токсичности автомобилей наиболее информативным является пробеговый выброс вредных веществ w (размерность $\text{мг}/\text{м}$), поскольку он выступает как функция режима движения ТП [3, 4]. Из всех параметров среды, влияющих на уровень ЭН, наиболее информативна скорость ветра θ (размерность $\text{м}/\text{с}$). Что касается параметра ЭН, то он должен оценивать состояние атмосферы в любой момент времени и степень негативного воздействия на организм человека. Таким критерием является концентрация вредных веществ в атмосфере C (размерность $\text{мг}/\text{м}^3$) [1, 3, 4].

Анализ характера зависимостей между названными параметрами привел к следующим выводам. С увеличением пробегового выброса отдельных автомобилей возрастает суммарный выброс ТП, его ЭН увеличивается (зависимость прямая). При увеличении скорости ветра возрастает степень рассеивания вредных веществ в атмосфере, и уровень ЭН будет снижаться (зависимость обратная). Поэтому

му представленную на рис. 1 формализованную схему для расчета уровня ЭН ТП можно конкретизировать с учетом сделанных выводов (рис. 2).

Из полученного алгоритма следует, что главное различие известных методов расчета ЭН городских транспортных источников заключается в применении различных критерии оценки ее уровня. С помощью теории размерности и разработанного подхода можно оценить достоверность существующих методов.

ределения уровня ЭН должно выполняться соотношение

$$\frac{[w] \cdot [q]}{[\theta]} = [C],$$

то есть

$$\left[\frac{m\varrho}{m} \right] \cdot \left[\frac{I}{c} \right] \cdot \left[\frac{m}{c} \right]^{-1} = \left[\frac{m\varrho}{m^2} \right] \neq \left[\frac{m\varrho}{m^3} \right]. \quad (1)$$

Как видно, требования теории размерности не выполняются. Это позволяет сделать предварительный вывод о том, что данный метод не обеспечивает необходимой точности расчетов.

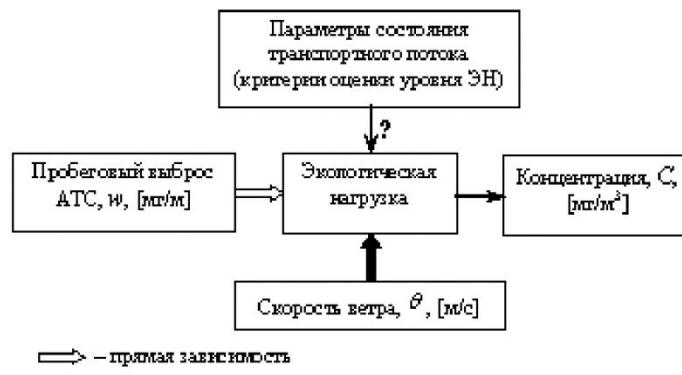


Рис. 2. Алгоритм расчета ЭН по выбросам вредных веществ в атмосферу ТП

Проведенный автором анализ моделей расчета уровня экологической нагрузки ТП позволил выявить следующие подходы к процессу подобного моделирования.

1. Наибольшее распространение получил метод использования интенсивности движения q в качестве параметра оценки величины ЭН транспортных макроисточников [2, 5, 6]. Очевидно, что уровень ЭН имеет прямую зависимость с интенсивностью движения, так как чем больше автомобилей с известными токсическими характеристиками пройдет заданный участок УДС за единицу времени, тем больше источников негативного воздействия и тем выше массовый выброс вредных веществ от транспортного макроисточника. В этом случае, согласно теории размерности, при использовании алгоритма на рис. 2 для достоверного оп-

2. Другие методы расчета основаны на предположении, что величина ЭН имеет определенную зависимость со временем нахождения транспортного источника в пределах границ рассматриваемой дорожно-транспортной системы [1, 3, 4]. Очевидно, чем дольше составляющие транспортного источника находятся в границах названной системы, тем больше удельный вес их негативного воздействия на ОС в общей структуре ЭН (то есть зависимость прямая). Критерием, оценивающим время прохождения единицы пути в заданной дорожно-транспортной системе, является темп движения t_d (размерность с/м) [7]. Однако темп движения не является основным параметром ТП и его редко используют при определении состояния дорожного движения в заданный момент

времени. В тоже время известно, что темп движения имеет жесткую зависимость со скоростью движения V и является величиной, обратной скорости $t_d = V^{-1}$ [7]. Таким образом, уровень ЭН обратно пропорционален скорости движения, и по теории размерности должно выполняться соотношение

$$\frac{[w]}{[\theta] \cdot [V]} = [C],$$

то есть

$$\begin{aligned} \left[\frac{m\sigma}{m} \right] \cdot \left[\frac{m}{c} \right]^{-1} \cdot \left[\frac{m}{c} \right]^{-1} &= \\ = \left[\frac{m\sigma \cdot c^2}{m^3} \right] &\neq \left[\frac{m\sigma}{m^3} \right]. \end{aligned}. \quad (2)$$

Следовательно, данный подход также не обеспечивает требуемой точности.

3. Разновидностью анализируемых методов считаются подходы, в которых совместно используются интенсивность и скорость движения в качестве критериев оценки уровня ЭН. Учитывая характер зависимостей данных параметров с уровнем ЭН, представленный в выражениях (1) и (2), напрашивается вывод, что названный уровень прямо пропорционален отношению q/V . Используя основное уравнение ТП $q=kV$ [3, 7], очевидно, что данное отношение определяет плотность потока k в любой момент времени. Таким образом, плотность потока k (размерность m^{-1}) может выступать в качестве самостоятельного критерия оценки уровня ЭН, который имеет ним прямую зависимость. Согласно теории размерности, следует проверить выполнение соотношения

$$\frac{[w] \cdot [k]}{[\theta]} = [C],$$

то есть

$$\left[\frac{m\sigma}{m} \right] \cdot \left[\frac{1}{m} \right] \cdot \left[\frac{m}{c} \right]^{-1} = \left[\frac{m\sigma \cdot c}{m^3} \right] \neq \left[\frac{m\sigma}{m^3} \right]$$

$$(3)$$

Анализ показал, что и в этом случае не обеспечена тре-

буемая точность расчетов.

4. Современные исследования показывают, что все большее распространение получает метод, при котором возможный уровень ЭН увязывается не с параметрами ТП, а с критериями качества условий его движения. В данном направлении наиболее актуален энергетический подход к ТП [1 - 3, 7, 8]. Тогда в качестве критерия оценки уровня ЭН используется либо кинетическая энергия E_k (размерность m/c^2), либо внутренняя энергия I потока (размерность m/c^2) [7, 8]. Как известно из данного подхода, чем больше в одних и тех же условиях кинетическая энергия потока, тем меньше непроизводительных потерь энергии в транспортной системе и, очевидно, тем ниже удельный уровень ЭН исследуемого транспортного источника [2, 7, 8]. Другими словами, уровень ЭН прямо пропорционален внутренней энергии потока и обратно пропорционален его кинетической энергии. Исходя из этого, достоверность анализируемого метода может быть подтверждена, если выполнится одно из двух соотношений

$$\frac{[w] \cdot [I]}{[\theta]} = [C]$$

либо

$$\frac{[w]}{[\theta] \cdot [E_k]} = [C].$$

Результаты проверки выполнения данных соотношений по теории размерности следующие:

$$\begin{aligned} \left[\frac{m\sigma}{m} \right] \cdot \left[\frac{m}{c^2} \right] \cdot \left[\frac{m}{c} \right]^{-1} &= \left[\frac{m\sigma}{m \cdot c} \right] \neq \left[\frac{m\sigma}{m^3} \right] \\ \text{либо} \\ \left[\frac{m\sigma}{m} \right] \cdot \left[\frac{m}{c^2} \right]^{-1} \cdot \left[\frac{m}{c} \right]^{-1} &= \left[\frac{m\sigma \cdot c^3}{m^3} \right] \neq \left[\frac{m\sigma}{m^3} \right] \end{aligned} \quad (4)$$

Ни в одном соотношении требования теории размерности не выполняется и точность расчета уровня ЭН по данному методу вызывает сомнение.

Проведенный анализ позволяет сделать вывод о том, что

рассмотренные подходы при моделировании расчета уровня ЭН транспортных источников не полностью отражают сущность процесса негативного воздействия на ОС. Для компенсации этого недостатка при использовании данных подходов либо находят эмпирические зависимости между уровнем ЭН и критерием его оценки, либо вводят корректирующие коэффициенты, имеющие необходимые размерности для ликвидации несоответствия [3, 4]. В первом случае подобные зависимости имеют низкую универсальность, поскольку полученные результаты достаточно адекватны только в тех условиях, для которых эти зависимости определены. При экстраполяции на другие условия уровень погрешности резко возрастает, и достоверность результатов вызывает сомнение. Во втором случае, кроме низкой универсальности, имеет место и низкая оперативность, так как предварительно необходимо выяснить природу и структуру подобных коэффициентов, а также разработать методику определения их количественных значений.

Таким образом, на первый план выдвигается задача совершенствования методов расчета уровня ЭН и, соответственно, разработки новых критериев для решения проблемы повышения достоверности оценок негативного воздействия ТП на ОС.

На предварительном этапе исследований также можно воспользоваться положениями теории размерности. В этом случае требуется найти решение обратной задачи, а именно – какую размерность должен иметь критерий P , чтобы в процессе расчета экологических характеристик ТП данный критерий с учетом уже обоснованных пробегового выброса автомобилей и скорости ветра обеспечил достоверную оценку уровня ЭН, выраженную через концентрацию вредных веществ в атмосфере? Решение сформулиро-

ванной задачи можно представить в виде:

$$\frac{[w]}{[\theta]} [P] = [C] \rightarrow \\ \rightarrow \left[\frac{m^2}{m} \right] \cdot \left[\frac{m}{c} \right]^{-1} [P] = \left[\frac{m^2}{m^3} \right],$$

откуда

$$\left[\frac{m^2 \cdot c}{m^2} \right] \cdot [P] = \left[\frac{m^2}{m^3} \right] \rightarrow \\ \rightarrow [P] = \left[\frac{m^2}{m^3} \right] \cdot \left[\frac{m^2}{m^2 \cdot c} \right] = \left[\frac{1}{m \cdot c} \right].$$
(5)

Таким образом, выражение (5) дает основание сделать предварительный вывод о том, что при достоверном описании процесса негативного воздействия ТП на ОС критерий оценки уровня их ЭН должен иметь размерность $(m \cdot c)^{-1}$.

Проведенные автором в работе [9] исследования в области экологических характеристик городских транспортных источников показали, что уровень ЭН ТП с точки зрения степени загрязнения атмосферы, оцени-

ваемый через концентрацию вредных веществ в воздухе, прямо пропорционален произведению интенсивности и плотности ТП, а не просто интенсивности или плотности движения, что в основном и используется в исследованиях экологических характеристик транспортных источников. Вероятно, в силу этого многочисленные модели выброса вредных веществ и расчета ЭН имеют ограниченное применение – только для тех условий, в которых эти модели были получены. Это позволяет рассматривать произведение интенсивности и плотности как самостоятельный параметр состояния ТП. Поскольку в структуру этого произведения входят как пространственная (плотность), так и временная (интенсивность) характеристики, соответственно, данный параметр может быть определен как «пространственно-временная емкость ТП»:

$$e = q \cdot k, (m \cdot c)^{-1}, \quad (6)$$

где e – пространственно-

временная емкость ТП, $(m \cdot c)^{-1}$.

Размерность пространственно-временной емкости ТП, полученная в выражении (6), обеспечивает согласованную оценку с выдвинутой при использовании теории размерности гипотезой о том, что при объективном расчете ЭН городских транспортных источников критерий оценки ее уровня должен иметь размерность $(m \cdot c)^{-1}$. Данная особенность может рассматриваться как аргумент в пользу применения пространственно-временной емкости ТП в качестве достоверного критерия оценки уровня ЭН от дорожно-транспортной системы. В этом случае можно ожидать, что методы расчета ЭН, основанные на пространственно-временной емкости ТП, будут иметь наиболее высокую степень универсальности, поскольку способны адекватно оценивать реальный уровень ЭН в произвольных городских и загородных условиях движения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Луканин В. Н., Трофименко Ю. В. Промышленно-транспортная экология: Учеб. для вузов. – М.: Вышш. шк., 2001. – 273 с.
2. Луканин В. Н., Трофименко Ю. В. Снижение экологических нагрузок на окружающую среду при работе автомобильного транспорта // Итоги науки и техники. ВИНИТИ. Автомобильный транспорт, 1996. – 340 с.
3. Экологическая безопасность транспортных потоков / Под ред. А. Б. Дьякова. - М.: Транспорт, 1989. - 128 с.
4. Амбарцумян В. В., Носов В. Б., Тагасов В. И., Сарбаев В. И. Экологическая безопасность автомобильного транспорта. - М.: ООО Изд-во «Научтехлитиздат», 1999. - 235 с.
5. Негров Н. С. Методические принципы моделирования токсичных выбросов автомобилей для оценки экономического ущерба // Строительство-2003: Материалы Международной научно-практической конференции, Ростов-на-Дону, 2003 / Дор.-трансп. ин-т Рост. гос. строит. ун-та. – Ростов н/Д, 2003. С. 87–88.
6. Винокуров В. А. Взаимосвязь дорожного движения и экологической безопасности в Москве // Автотрансп. Предприятие, 2005, № 2. С. 11–15.
7. Клинковштейн Г. И., Афанасьев М. Б. Организация дорожного движения: Учеб. для вузов. – М.: Транспорт, 2001. – 247 с.
8. Сарбаев В. И. Теоретические основы обеспечения экологической безопасности автомобильного транспорта. – М.: Изд-во МГИУ, 2003. – 144 с.
9. Жданов Л. С., Жданов В. Л. Формирование параметров экологической характеристики транспортных потоков // Вестн. КузГТУ, 1999, № 2. С. 78–82.

□ Автор статьи:

Жданов
Вячеслав Леонидович
– ст. преп. каф.
автомобильных перевозок