

## КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК АВТОТРАНСПОРТНОГО ПОТОКА НА УРОВЕНЬ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ГОРОДА

Санник А. О.<sup>1</sup>, Егоров А. Л.<sup>2</sup>, Черняков Е. Н.<sup>2</sup>, Чернякова О. О.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>МКУ «Тюменьгортранс» (625035, г. Тюмень, ул. Республики, д. 200), e-mail: [info@tgt72.ru](mailto:info@tgt72.ru)

<sup>2</sup>ГОУ ВПО «Тюменский государственный нефтегазовый университет», Тюмень, Россия (625000, г. Тюмень, ул. Володарского, 38), e-mail: [general@tsogu.ru](mailto:general@tsogu.ru)

---

В статье описывается комплексная оценка влияния динамических характеристик автотранспортного потока на уровень загрязнения окружающей среды города. Рассмотрены основные формы загрязнения от автотранспорта. Приведены результаты исследований различных авторов по данной тематике. Выявлена недостаточная проработка в вопросах шумового загрязнения окружающей среды автотранспортом, которые на сегодняшний день выходят на лидирующие позиции в условиях функционирования урбанизированных территорий. Описана разработанная математическая модель «Уровень шума – динамика транспортного потока», представляющая собой систему уравнений, однозначно связывающих динамические характеристики транспортного потока (интенсивность, плотность, скорость), структуру и временные параметры транспортного потока с уровнем шума, создаваемого множеством машин.

---

Ключевые слова: эксплуатация автомобильного транспорта, автотранспортный поток, формы загрязнения от автотранспорта, уровень шума.

## A COMPREHENSIVE ASSESSMENT OF THE IMPACT OF DYNAMIC CHARACTERISTICS OF TRAFFIC FLOW ON THE LEVEL OF POLLUTION OF THE CITY

Sannik A. O.<sup>1</sup>, Egorov A. L.<sup>2</sup>, Chernyakov E. N.<sup>2</sup>, Chernyakova O. O.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>MKU «Tyumengortrans», e-mail: [info@tgt72.ru](mailto:info@tgt72.ru)

<sup>2</sup>Tyumen state oil and gas university, e-mail: [general@tsogu.ru](mailto:general@tsogu.ru)

---

The article describes a comprehensive assessment of the impact of dynamic characteristics of traffic flow on the level of pollution of the city. The main forms of pollution from motor vehicles. The results of studies by various authors on the subject. Found insufficient study on issues of noise pollution vehicles, which are currently the leading positions in the functioning of urban areas. The developed mathematical model of the "noise level - the dynamics of traffic flow," which is a system of equations explicitly linking the dynamic characteristics of traffic flow (intensity, density, velocity), the structure and timing of traffic flow with the level of noise produced by a variety of machines.

---

Keywords: operation of motor transport, motor transport stream forms of pollution from motor vehicles, the noise level.

Эксплуатация автомобильного транспорта неразрывно связана с постоянным загрязнением окружающей среды. Экологический прессинг усиливается, это связано с ростом численности автопарка, увеличением интенсивности и снижением скорости движения транспортного потока (ТП) на улично-дорожной сети (УДС) урбанизированной территории. Рост количества автомобилей в России с 2001 года по 2005 год, по разным источникам, составляет от двадцати до сорока процентов, а к 2020 году число автомобилей увеличится примерно еще в два раза.

Основными формами загрязнения от автотранспорта являются химическое и шумовое воздействия. В российской Федерации насчитывается свыше двухсот городов с доминирующим вкладом загрязняющих веществ от передвижных источников. До

восемьдесят процентов всех химических загрязнений происходит от автотранспорта. Шум от транспортных потоков достигает 70–90 дБ, что может вызывать у горожан различные заболевания. Около 40 млн человек в России проживает в условиях шумового дискомфорта, причем половина из них испытывает воздействия шума более 65 дБА.

Мероприятия по снижению негативного влияния на окружающую среду города основываются на оценке уровня загрязнения. Однако при определении уровня шума не учитывается совместное действие динамических характеристик транспортного потока, структуры, состава и изменения его скорости. Кроме того, разрозненное представление о степени химического загрязнения или шумового воздействия не приводит к установлению истинного уровня антропогенной нагрузки.

Поэтому комплексная оценка химического и шумового загрязнения для выработки методов управления качеством окружающей среды является актуальной научно-практической задачей.

Результаты предыдущих исследований указывают на то, что основным источником загрязнения окружающей среды является автомобильный транспорт. Сосредоточение автопарка в городах усугубляет экологическую нагрузку урбанизированных территорий.

В публикациях Шумейко А. Н. [1] выявлено, что увеличение численности автомобильного парка во всем мире ведет к росту плотности и интенсивности транспортного потока, а также агломерации и снижению скорости движения. При этом неизбежно происходит рост антропогенного загрязнения. В настоящее время отсутствуют модели роста негативного влияния на биотическую систему города.

Выявлена недостаточная проработка в вопросах шумового загрязнения окружающей среды автотранспортом. Основными опасными формами экологического загрязнения от автомобильного транспорта являются химическое и шумовое воздействие. Разрозненное представление о степени химического загрязнения или шумового воздействия не приводит к целостной картине антропогенной нагрузки.

Согласно исследованиям российских и зарубежных специалистов [2,3,5,6], по негативному воздействию на человека после химического загрязнения шум занимает первое место.

В результате аналитического обзора ранее выполненных работ в области шумового загрязнения окружающей среды автомобильным транспортом выявлено, что нуждается в уточнении связь ”уровень шума – параметры транспортного потока”, за счет: учета временных параметров транспортного потока, структуры транспортного потока, скорости движения ТП, распределения транспортных средств на полосах движения. Проанализированные модели зависимости уровня шума от динамических характеристик транспортного потока не учитывают суточный тренд транспортного потока.

Оценка уровня загрязнения окружающей среды автотранспортом позволяет управлять качеством окружающей среды. Принцип управления заключается в необходимости измерения эффективности результата управленческой деятельности.

На сегодняшний день не существует четкой методологической основы для оценки эффективности управления качеством окружающей среды агломерации.

В работах Колесова Г. В. [1] предложен обобщенные и частные показатели (кинетический, топливный, экологический) эффективности работы ТП. Однако они разработаны в предположении, что поток состоит целиком из легковых автомобилей, а экологический к.п.д. учитывает только химическое загрязнение окружающей среды, без учета шума. Теория транспортных потоков проработана серьезно и достаточно глубоко, однако отсутствуют единые подходы к оценке экологической опасности. Существующие разрозненные представления о химических и шумовых загрязнениях дают усеченную картину происходящего.

Была выдвинута гипотеза о виде и форме зависимости уровня шума транспортного потока. Так как сама природа звука является логарифмической и определяется согласно СН 2.2.4/2.1.8.562-96, то уместно предположить, что уровень шума транспортного потока также подчиняется логарифмическому закону распределения. Однако не учитываются динамические характеристики ТП (скорость  $V$ , плотность  $\rho$ , интенсивность  $N$ ), а также структура ТП, временные параметры, изменение скорости в зависимости от структуры ТП и распределение ТС по полосам движения.

При разработке математической модели принято во внимание, что ТП включает  $n$  автомобилей, ТС  $j$ -го типа (легковые, грузовые, автобусы) имеют равные уровни звукового давления (внутри каждой группы).

Зная, что уровень шума  $L$  является функцией скорости, а число автомобилей связано с интенсивностью ТП, получено соотношение (1)

$$L_1 = 10 \cdot \lg(N_1 \cdot 10^{0,1 \cdot L(V_1)}), \quad (1)$$

где  $N_1$  – интенсивность транспортного потока на однополосной дороге, авт/ч;

$L_1$  – эквивалентный уровень звукового давления от движения  $n$  автомобилей на однополосной дороге, дБА;

$V_1=F(q_1)$  – скорость транспортного потока на однополосной дороге, км/ч.

Соотношение (1) положено в основу математической модели “Уровень шума – динамика ТП”, которую можно выразить через основные динамические характеристики ТП. Получен ряд соотношений (2, 3, 4) связывающих эти характеристики с уровнем шума ТП.

$$L_1 = 10 \cdot \lg \left( V_1 \cdot q_{1MAX} \sqrt[1 - \frac{V_1}{V_{MAX}}]{10^{0,1L(V_1)}} \right). \quad (2)$$

$$L_1 = 10 \cdot \lg \left( V_1 \cdot F1(q_1) \cdot 10^{0,1L(F1(q_1))} \right). \quad (3)$$

$$L_1 = 10 \cdot \lg \left( N_1 \cdot 10^{0,1L \left( V_{1MAX} \cdot R^{-1} \left( \frac{N_1}{N_{1MAX}} \right) \right)} \right). \quad (4)$$

Зависимость уровня шума от интенсивности транспортного потока (4) представляет наибольший интерес, поскольку в этом случае проще ввести временной тренд.

Была выдвинута рабочая гипотеза, что уровень шума ТП зависит от следующих параметров: коэффициента  $\beta(t)$ , зависящего от времени суток; временного множителя, позволяющего корректировать значение максимальной интенсивности ТП и получать соответствующее значение интенсивности определенному времени суток  $U(t)$ ; коэффициента  $\sigma_j$ , характеризующего зависимость скорости потока от его состава; коэффициента  $\gamma(n)$ , учитывающего распределение  $j$ -го типа подвижного состава на полосах движения.

Итоговым видом математической модели “Уровень шума – динамика транспортного потока” является соотношение (5), учитывающее все введенные коэффициенты и динамические характеристики.

$$L_1(t) = 10 \cdot \lg \left( \sum_{j=1}^k \beta_j(t) \cdot \gamma_j(n) \cdot N_0 \cdot U(t) \cdot \sum_{j=1}^k 10^{0,1L_j(\sigma_j)} \right), \quad (5)$$

где  $\gamma_j(n)$  – коэффициент, учитывающий распределение  $j$ -го типа подвижного состава на полосах движения;

$\beta_j(t)$  – весовые коэффициенты, характеризующие долю  $j$ -го транспорта в

$$\sum_{j=1}^k \beta_j = 1$$

потоке, ;

$N_0$  – максимальная суточная интенсивность ТП;

$U(t)$  – временной множитель,  $0 < U(t) < 1$ ;

$\sigma_j$  – коэффициент, характеризующий зависимость скорости потока от его состава;

$\gamma_j(n)$  – коэффициент, учитывающий распределение  $j$ -го типа подвижного состава на полосах движения.

Разработана математическая модель “Уровень шума – динамика транспортного потока”, представляющая собой систему уравнений, однозначно связывающих динамические характеристики транспортного потока (интенсивность, плотность, скорость), структуру и

временные параметры ТП с уровнем шума, создаваемого множеством машин. В результате экспериментальных исследований определены значения параметров математической модели установленных закономерностей. Значения дисперсионного отношения Фишера, полученные на основе экспериментальных данных, больше табличных значений  $F$  – критерия для доверительной вероятности 0,9, что свидетельствует об адекватности модели результатам эксперимента.

### Список литературы

1. Санник А. О. Временной тренд интенсивности транспортного потока / В. И. Колесов, Г. В. Колесов, А. О. Санник // Прогрессивные формы организации процессов технической эксплуатации автомобилей и специальной нефтегазопромысловой техники: межвуз. сб. науч. тр. - Тюмень: Изд-во “Вектор Бук”, 2004. – С. 136-139.
2. Санник А. О. Комплексная оценка влияния динамических характеристик автотранспортного потока на уровень загрязнения окружающей среды города: дис. ... канд. техн. наук. – Тюмень, 2005. – 187 с.
3. Санник А. О. К вопросу об экологическом контроле окружающей среды на автомобильном транспорте / О. Ф. Данилов, А. О. Санник // Проблемы эксплуатации транспортных систем в суровых условиях: матер. междунар. научн.-практ. конф. Ч. 2. / Тюмень: ТюмГНГУ, 2002. – С. 85-89.
4. Санник А. О. Методы определения автотранспортного шума / А. О. Санник // Нефть и газ. Новые технологии в системах транспорта: материалы региональной научно-практической конференции. Ч. 2 / Отв. редактор Ш. М. Мерданов. – Тюмень: ТюмГНГУ, 2004. – С. 62-65.
5. Abgas-Tmissionsfaktoren von Nutzenfahrzeugen in der BRD für das Bezugsjahr /1990 .D. Hassel, P. Jost, F.J. Weber, F. Dursbeck, K.S. Sonnborn // TÜV Rheinland Sicherheit und Umweltschutz GmbH, VFO PLAN 10405151/02 – Berlin :Erih Schmidt, 1995.
6. Kaumann O. Physics of Transport and Traffic / O. Kaumann, R. Chrobok, J. Wahle, V. Schreckenber. – Gerhard-Merrator-Unyversitat Duisburg, Germany.

### Рецензенты:

Захаров Н. С., д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой «Сервис автомобилей и технологических машин», ФГБОУ ВПО «Тюменский государственный нефтегазовый университет», г. Тюмень.

Мерданов Ш. М., д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой «Транспортные и технологические системы», ФГБОУ ВПО «Тюменский государственный нефтегазовый университет», г. Тюмень.