

РАЗРАБОТКА МЕРОПРИЯТИЙ ПО СНИЖЕНИЮ ВОЗДЕЙСТВИЯ АВТОТРАНСПОРТНЫХ ПОТОКОВ В ГОРОДСКИХ АГЛОМЕРАЦИЯХ НА ОСНОВЕ КОМПЛЕКСНОГО ПОДХОДА

DEVELOPMENT OF MEASURES TO REDUCE THE IMPACT OF MOTOR TRANSPORT FLOWS IN URBAN AGGLOMERATIONS BASED ON AN INTEGRATED APPROACH

Л. В. Дергачева

L. Dergacheva

Ростовский государственный университет путей сообщения, Ростов-на-Дону, Россия

l.v.gromova@mail.ru

Rostov State Transport University (RSTU), Rostov-on-Don, Russia.

l.v.gromova@mail.ru

С каждым годом усиливается негативное влияние автотранспортного комплекса на все звенья биосферы, особенно в городских агломерациях. Для снижения этого влияния, а также разработки мероприятий по снижению выбросов загрязняющих веществ, в том числе и парниковых газов, необходимо иметь четкие методики определения массы выбросов загрязняющих веществ от автотранспорта. В статье проанализированы методики определения массы выбросов загрязняющих веществ при работе автотранспортных средств. На основании проведенного анализа предложена методика, позволяющая увязать выбросы загрязняющих веществ с расходом топлива конкретной транспортной единицы. Последнее актуально в свете вводимого в странах ЕС «углеродного налога». Разработана модель городской биоархитектуры, предлагающей использовать зеленые насаждения в качестве акустического экрана для транспортных магистралей. Такой подход позволит снизить не только уровень шума, но и выбросы загрязняющих веществ, а также улучшить городской микроклимат.

Every year, the negative impact of the motor transport complex on all links of the biosphere, especially in urban agglomerations, is increasing. To reduce this impact, as well as to develop measures to reduce emissions of pollutants, including greenhouse gases, it is necessary to have clear methods for determining the mass of emissions of pollutants from motor vehicles. The article analyzes the methods for determining the mass of emissions of pollutants during the operation of motor vehicles. Based on the analysis, a method is proposed that allows you to link the emissions of pollutants with the fuel consumption of a particular transport unit. The latter is relevant in the light of the "carbon tax" being introduced in the EU countries. A model of urban bioarchitecture has been developed, suggesting the use of green spaces as an acoustic screen for transport highways. This approach will reduce not only the noise level, but also the emissions of pollutants, as well as improve the urban microclimate.

Ключевые слова: транспортные средства, пробеговые выбросы, узловые выбросы, акустический экран, расход топлива, загрязнение атмосферы.

Keywords: vehicles, mileage emissions, nodal emissions, acoustic screen, fuel consumption, atmospheric pollution.

<https://doi.org/10.46646/SAKH-2021-2-342-345>

Современное общество потребления с каждым годом все расширяет и усиливает антропогенное и техногенное давление на окружающую среду. Ответом на это воздействие является деградация природных сред, приводящее к изменениям климата и увеличению заболеваемости населения. Особенно показательны эти изменения видны на урбанизированных территориях. Среднестатистический городской житель ежедневно подвергается воздействию, загрязненного воздуха и воды, шума, электромагнитных полей, уровни которых превышают нормативные значения. Наибольший вклад в изменения параметров окружающей среды в городских агломерациях вносят транспортные потоки, без которых невозможно функционирование современного общества

Определяющим фактором экологического ущерба биосфере городов является автотранспортный комплекс, доля которого составляет (около 65 %). В среднем по России доля транспорта в загрязнении атмосферного воздуха составляет более 50 %, а в крупных городах – до 90 %. По экспертным оценкам, а также сопоставив сводные данные (усредненные данные Государственных докладов «О состоянии природной среды в РФ» за последние 10 лет) получаем, что в загрязнение атмосферы 150 городов России преобладающее влияние оказывает именно автотранспорт (его доля в загрязнении составляет 62,7 %, железнодорожного 27,7 %, воздушного – 4,5 %). Анализируя данные объемных показателей выбросов вредных веществ автотранспортом для различных субъектов РФ получаем, что он колеблется в пределах от 16 тыс. т/год до около 2 млн. т/год. Результаты всероссийской операции «Чистый воздух», ежегодно проводимой в крупных городах, показали, что у 25 – 30 % автомобилей наблюдается превышение экологических норм. Чаще всего это связано с неисправностями или неправильной регулировкой

системы ДВС. малые скорости и «холостой ход» двигателя являются наиболее неблагоприятными режимами работы, это показал анализ работы автотранспортных средств. При этих режимах выбрасывается больше загрязняющих веществ, чем при нагрузочных режимах. Техническое состояние двигателя так же непосредственно влияет на его экологические показатели. Отработавшие газы бензинового двигателя с неправильно отрегулированным зажиганием и карбюратором содержат оксид углерода в количестве, превышающем норму в 2-3 раза [1].

Разработка мероприятий по снижению антропогенного влияния транспортных потоков на окружающую среду невозможна, без осмысливания роли всех источников загрязнения, что в свою очередь затруднено из-за отсутствия надежных методов расчета выбросов – нет простой и надежной (сопоставимой с экспериментальными данными) методики расчета выбросов загрязняющих веществ от автотранспортных средств. Усиление экологической напряженности во многих городах России также связано с шумовым воздействием транспорта. Шум беспокоит жителей крупных городов, особенно проживающих вдоль автомагистралей [2]. Снижение уровня шума, чаще всего достигается строительными мерами (шумозащитным остеклением, установкой шумопоглощающих экранов). Как показывает анализ публикаций, в частности [2 – 4], этим проблемам уделяется большое внимание. Но нет комплексного мероприятия, который одновременно мог бы и снизить уровень загазованности, и уровень шума.

Целью работы является разработка методики, с помощью которой, можно было бы определить массы выбросов загрязняющих веществ; разработка мероприятий, позволяющих снизить уровень шума до санитарных норм.

Надо отметить, что на сегодняшний день нет одной утвержденной методики определения выбросов автотранспортными средствами (Российская газета, Столичный выпуск №11 (8362) от 21.01.2021 «Выбросы в неудобных положениях»), а все существующие (и по сути действующие) можно разделить на три группы, в зависимости от подхода к расчетному определению масс загрязняющих веществ в выбросах автотранспортных потоков. Первый подход связан с оценкой удельных пробеговых M_j^i (кг/(ч·км)) и узловых $M_{y_j}^i$ (кг/ч) выбросов в зависимости от количества автотранспортных средств с разделением их на категории, с использованием аппроксимирующих зависимостей, отраженных на графиках и в таблицах. К недостаткам этого подхода можно отнести то, что в нем не учитываются индивидуальные качества автотранспортных средств, имеются ограничения по интенсивности, для которых приведены данные на графиках и в таблицах, а в ряде методик не учитываются еще и скоростные характеристики транспортных средств. В настоящее время данная методика практически всегда дает заниженные результаты выбросов загрязняющих веществ, она может быть применима лишь для прогнозных оценок состояния атмосферы.

При втором подходе используется методика определения пробеговых выбросов по основным загрязняющим веществам (CO , NO_x и C_nH_m), основанные на формулах с эмпирическими коэффициентами:

$$q_{расч}^i = \frac{A_i}{T_x} \cdot m \cdot G, \text{ г/км}, \quad (1)$$

где A_i – эмпирический коэффициент, определяющий выход i -того загрязняющего вещества в составе выхлопных газов на один грамм сгоревшего топлива ($A^{CO} = 0,75$; $A^{C_nH_m} = 0,16$; $A^{NO_x} = 0,14$); T_x – коэффициент, учитывающий возраст и техническое состояние двигателя ($1 - 2$); m – коэффициент, учитывающий зависимость полноты сгорания топлива от средней скорости движения; G – расход топлива, г/км;

$$G = 10 \cdot H_s \cdot (1 + 0,01 \cdot D) \cdot \rho, \text{ г/км}, \quad (2)$$

здесь H_s – базовая норма расхода топлива на пробег автомобиля, л/100 км; D – поправочный коэффициент (процентные добавки к нормативному расходу топлива, в зависимости от условий работы автотранспортных средств), %; ρ – плотность топлива, г/см³ или т/м³.

Данный подход удобен тем, что привязывает выбросы загрязняющих веществ не только к маркам машин, но и к расходу топлива, который может определяться «по факту». А это является отражением состояния двигателя, дорог, скоростных характеристик и остальных факторов. Вместе с тем сами эмпирические коэффициенты, как показали экспериментальные оценки, проведенные в ходе работы, не соответствуют реальному состоянию автотранспортных средств и дают завышенные результаты, отличающихся от измеренных иногда на порядок. Это приводит к необходимости корректировки эмпирических коэффициентов. Последнее, особенно важно сейчас, поскольку для передвижных источников вводится экологический налог и «углеродный налог» стран ЕС, привязанные к расходу топлива автотранспортным средством.

Третий подход, это методика НИИ «Атмосфера» Санкт-Петербург, позволяющая рассчитывать удельные пробеговые выбросы $q_{np_j}^i$, г/км и узловые $q_{уз_j}^i$ для данной группы машин, причем пробеговые выбросы определены для скорости 30 км/час. Для других скоростей вводится поправка n , (наименьшая при расчетной скорости – 60 км/час):

$$q_{np_j}^i = q_j^i \cdot n_v, \text{ г/км}. \quad (3)$$

Достоинства данной методики в том, что она основана на среднестатистических экспериментальных данных в городах России, недостатком – не позволяет связывать конкретный расход топлива с выбросами загрязняющих веществ. Предлагается объединить достоинства второго и третьего подхода: использование зависимости (1) с учетом экспериментальных данных методики 3. При этом зависимость (1) может быть переписана так:

$$q^i = Y^i \cdot G, \text{ г/км}. \quad (4)$$

При этом коэффициент Y_i определяется по пробеговым выбросам $q_{np_j}^i$ с учетом коэффициентов n_v , M , T_x и A . В результате проведенного анализа было установлено, что зависимость коэффициента пропорциональности Y_i от

скорости движения, определенный расчетом, для каждой группы машин имеет линейный характер [5] с изломом при расчетной скорости $V_{расч} = 60$ км/час:

$$Y^i = Y_o^i \pm \chi^i \cdot (V_{расч} - V), \quad (5)$$

где Y_o^i – экспериментальные значения коэффициента, при скорости 60 км/ч по методике НИИ «Атмосфера»; $V_{расч}$ – скорость, равная 60 км/ч; χ^i – величина, зависящая от скорости движения, ч/км, равная:

$$\chi^i = tg\gamma = \frac{\Delta Y_{cp}^i}{\Delta V}. \quad (6)$$

В формуле (5) знак перед χ определяется скоростью движения, если $V < 60$ км/ч, то «+», если $V > 60$ км/ч, то «-». На основании формул (5) и (6) в зависимости от типа транспортных средств были получены коэффициент Y для различных загрязняющих веществ (таблица 1). Расчеты показывают, что по формуле (4) можно рассчитать не только пробеговые, но и узловые выбросы ($V = 0$ м/с) с учетом доли времени в часах, когда светофор «закрыт». Например, распределенные узловые выбросы CO (на 1 км пути) для легковых карбюраторных автомобилей по методике НИИ «Атмосфера» составляют 31,5 г/км (при времени закрытия светофора 0,15 часа), а по разработанной методике – в среднем 33,42 г/км. Получаемые по разработанной методике величины пробеговых и узловых выбросов отличаются от экспериментальных данных, как правило, незначительно. Зная интенсивность движения на данной магистрали и дисперсию по часам в сутки или дням в году, узловые и пробеговые выбросы можно пересчитать на валовые суточные или годовые выбросы.

Таблица 1 – Значения коэффициентов Y_o и χ для различных загрязняющих веществ в зависимости от типа двигателя

Тип двигателя	Вещество	Y_o	χ	
			$V < 60$ км/ч	$V > 60$ км/ч
Карбюраторный двигатель	CO	0,079	0,00595	0,003
	NO _x	0,034	0,0026	0,00115
	C _n H _m	0,068	0,0051	0,002
	SO ₂	0,00218	0,000171	0,0000795
	Сажа	0,0211	0,00158	0,0007
	Формальдегид	0,00022	0,0000167	0,000007
	Бенз(а)пирен	0,043·10 ⁻⁶	0,00427·10 ⁻⁶	0,000725·10 ⁻⁶
Дизельный двигатель	CO	0,006	0,0005	0,0003
	NO _x	0,036	0,0027	0,0012
	C _n H _m	0,029	0,0022	0,00095
	Сажа	0,00211	0,000158	0,0000705
	SO ₂	0,00967	0,000725	0,000321
	Формальдегид	0,00191	0,000143	0,0000635
	Бенз(а)пирен	0,046·10 ⁻⁶	0,0035·10 ⁻⁶	0,00155·10 ⁻⁶

Не менее существенен вклад транспортных потоков в шумовое загрязнение окружающей среды. Обследования, проведенные на селитебных территориях города, расположенных вблизи транспортных магистралей, показывают превышение на 15 – 20 дБА над нормами [2 – 4], что оказывает негативное влияние на нервную и сердечно-сосудистую системы большей части населения города. К тому же транспортная вибрация ухудшает состояние памятников истории и культуры в большинстве городов РФ. Сплошное асфальтобетонное покрытие проезжей части и тротуаров при отсутствии разделительных полос и газонов передает вибрационные нагрузки на конструкции зданий и памятников.

Основными градостроительными мероприятиями по борьбе с транспортным шумом являются: организация санитарного разрыва между жилой застройкой и дорогой (что невыполнимо в исторически сложившихся центрах городов), установка акустических экранов, применение шумозащитного остекления. В качестве акустического экрана предлагается использовать зеленые насаждения, которые, кроме того, являются естественными поглотителями воды, CO₂ и токсичных выбросов транспорта. Зеленые насаждения не только снабжают жителей городов кислородом и поглощают углекислоту, но и благотворно влияют на микроклимат. Зеленые насаждения, особенно бесгашишная конопля, очищают атмосферу от пыли и CO, сводят его концентрацию к естественной (~0,00001%), снижают температуру воздуха и скорость ветра, стабилизируют относительную влажность воздуха. Следовательно, можно локализовать и поглотить «дорожно-транспортный вред», если «оградить дороги» специальной посадкой деревьев и кустарников. Акустические экраны из зеленых насаждений выполняется с помощью сплошного озеленения обочины дорог из комбинаций «вечнозеленых и сезонных» видов. Это также позволяет упорядочить переход улиц пешеходами и организовать остановки автотранспорта в установленных местах. Рекомендуется «вечнозеленый» ряд деревьев сажать вместе с хмелем или кустарником (это делается для защиты

стволов деревьев, т.к. кора портится под воздействием загрязнителей, и деревья пропадают). Для движения автотранспорта аварийных служб (милиции, пожарных, скорой медицинской помощи) выделяется отдельная полоса. Полосы движения целесообразно разделять так, чтобы обеспечить защиту дорожного покрытия кронами деревьев от солнечных лучей и осадков, что снижает термо-фотодеструкцию дорог и увеличивает их долговечность, а также снижает конвективные потоки от покрытий, повышающие турбулентность атмосферы и ухудшающие климат (рис. 1).

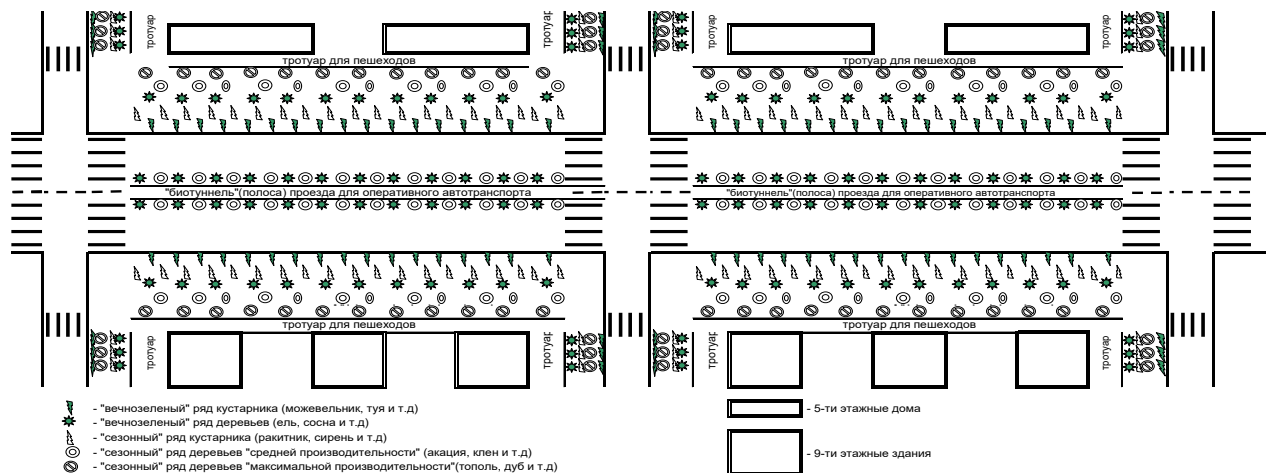


Рис. 1 – Модель городской биоархитектуры

«Сердцем» современной инфраструктуры является транспорт, который на всем протяжении своего жизненного цикла оказывает негативное влияние на все компоненты биосферы. Сложность в изучении этих влияний заключается в том, что они воздействуют на человека и биосистемы опосредовано и имеют пролонгированный эффект. Для разработки механизмов снижения этих воздействий необходим комплексный подход к проблеме загрязнения городов автотранспортом, начиная с выявления преобладающего загрязнителя и заканчивая разработкой конкретных мероприятий по улучшению микроклимата мегаполисов. При этом надо учитывать, что затраты на реализацию мероприятий по оздоровлению окружающей среды окупятся за счет сокращения материальных потерь, связанных со здоровьем граждан. Полученная методика позволяет определять пробеговые и узловые выбросы загрязняющих веществ автотранспортом на основе фактического расхода топлива, зависящего и от технического состояния автомобиля, и от состояния дорожного полотна, и от других факторов. Предложенная модель городской биоархитектуры позволяет решить ряд вопросов:

- создать биоакустический экран, препятствующий распространению загрязняющих веществ и пыли от транспортной магистрали на селитебную территорию, при этом часть выбросов загрязняющих веществ обезвреживаются растениями;
- защитить жилую застройку от шума транспортной магистрали;
- создать полосу проезда для экстренных служб, что является немаловажной проблемой современных городов с постоянными «пробками» на дорогах;
- повысить коэффициент зеленых насаждений в городских агломерациях;
- улучшить климатические показатели и эстетический вид городской среды.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Finochenko, T.* Modern measurement systems in the system of environmental monitoring / A. Borisova, V. Finochenko, T. Finochenko – Academic Journal of Manufacturing Engineering, 2017, 15(4), стр. 94–98.
2. *Гарин, В.М.* Шумовое загрязнение – угроза экологической безопасности городов / В.М. Гарин, Л.В. Громова, Т.А. Родионова, С.А. Манаков. – В сб.: Актуальные проблемы государственной безопасности Российской Федерации. Росжелдор, ГОУ ВПО «Ростовский государственный университет путей сообщения» (РГУПС). 2008. С. 236-239
3. *Гребенкина, В.* Воздействие автомобильного транспорта на окружающую среду. / Вестник КИГИТ. 2011. № 3 (16). С. 12-14.
4. *Наливкина, Е.В.* Звукоизоляция прозрачными экранами. / В сб.: Транспорт: наука, образование, производство. Сб. науч. тр. Международной науч.-практ. конференции. РГУПС, Ростов-на-Дону, 2017. С. 411-415.
5. *Громова, Л.В.* Об определении выбросов автотранспортных средств. / В.М. Гарин, Л.В. Громова – Мат. 10-ой Всероссийской научно-практической конференции. Ростов-на-Дону-Новочеркасск-Туапсе, 2005.