

УДК 502.35; 656.1

Макарова И.В., доктор технических наук, профессор, Набережночелнинский институт (филиала) ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет»

Маврин В.Г., кандидат технических наук, доцент, Набережночелнинский институт ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет»

Магдин К.А., Набережночелнинский институт (филиала) ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет»

ВЛИЯНИЕ ШУМОВОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ АВТОМОБИЛЬНОГО ТРАНСПОРТА НА СОСТОЯНИЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ

Аннотация. В статье отмечено, что автомобильный транспорт является источником значительного шумового загрязнения. Проанализировано негативное воздействие шума на организм человека. Представлены результаты натурных обследований шумового загрязнения от автотранспорта участка улично-дорожной сети г.Набережные Челны. Отмечено, что измеренный уровень звука на участке значительно превышает предельно допустимый. Проанализированы основные методы и мероприятия для защиты от шума.

Ключевые слова: экологическая безопасность; транспортные потоки; шумовое загрязнение

Известно, что автомобильный транспорт является источником значительного негативного воздействия на окружающую среду и здоровье человека. Считается, что основной ущерб окружающей среде от автотранспорта возникает в результате выбросов отработавших газов. Так, согласно государственному докладу о состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации автомобильный транспорт находится на первом месте по объемам выбросов загрязняющих веществ страны. При этом его доля с каждым годом увеличивается [1, с.272-274].

Однако такому экологическому аспекту автотранспорта, как шум, должного внимания не уделяется, а его воздействие на организм человека до конца не изучено. Между тем, наибольшая площадь шумового загрязнения на территории городов (до 80%) обусловлена воздействием автотранспортных потоков.

Шум – это звуковые колебания в диапазоне слышимых частот, способные оказать вредное воздействие на безопасность и здоровье человека. Согласно Всемирной организации здравоохранения, шум является второй по значимости экологической проблемой для здоровья человека после качества атмосферного воздуха. При воздействии на человека шума уровня 40 дБ и выше в среднем в течение года возможны негативные последствия для здоровья, такие как нарушение сна и пробуждение. При долгосрочном среднем воздействии уровня шума выше 55 дБ повышается кровяное давление, угнетается центральная нервная система, изменяется скорость дыхания и пульса, нарушается обмен веществ, возникают сердечно-сосудистые заболевания, язвы желудка, гипертонические болезни, психические расстройства [2, с.10, 3, с. 114–119]. Опасность шумового воздействия усугубляется свойством человеческого организма накапливать акустические раздражения.

Согласно исследованиям, шум от автотранспортных потоков представляет наибольшую опасность для здоровья человека, так как автотранспортный поток является источником постоянного линейного шума в непосредственной близости от мест проживания. Установлено, что в жилых помещениях население острее реагирует на более низкие уровни транспортного шума по сравнению с населением, находящимся на тротуарах и примагистральной территории. Существенные сдвиги обнаружены при уровне шума 40-50 дБА со стороны органа слуха, центральной нервной системы, зрительного анализатора. Отмечено, что особенно интенсивно растёт доля ночного времени, когда люди наиболее чувствительны к шуму, с повышающимися уровнями шума. В Европейском союзе социальные потери негативного воздействия шума от автотранспорта на организм человека оцениваются в €40 млрд. [4, с.13].

Кроме того, шум от автотранспортных потоков проявляется на рабочих местах, особенно при открытых окнах, что негативно сказывается на производительность труда [5 с. 148–157]. Так, экономика США ежегодно

теряет \$3,9 млрд. из-за снижения производительности труда, вызванного негативным воздействием шума от автотранспорта [6 с. 345-353].

Также в местах с высоким уровнем шума отмечается высокая концентрация загрязняющих веществ в приземных слоях атмосферного воздуха. Например, обнаружена прямая зависимость между значениями эквивалентного уровня шума от автотранспортных потоков и концентраций в атмосферном воздухе мельчайших частиц [7 с. 130-137].

Город Набережные Челны является центром одной из ведущих агломераций, формирующим совместно с городами Нижнекамск и Елабуга, Камский инновационный территориально-производственный кластер. Географическое положение и развитая транспортно-производственная инфраструктура г. Набережные Челны делают его центром тяготения материальных, а, соответственно, и транспортных потоков. Такая концентрация основных видов магистрального транспорта превращает г. Набережные Челны в мощнейший транспортный узел не только регионального, но и международного значения. Поэтому, показатели вклада автотранспорта в шумовое загрязнение окружающей среды города крайне высокие и сопоставимы с данными, характерными для крупных мегаполисов.

Для измерения шумовых характеристик транспортного потока, а также оценки влияния параметров транспортных потоков на уровень шума, необходимо произвести натурные обследования проблемных участков улично-дорожной сети, так как они являются наиболее эффективным методом анализа ситуации на дорогах. Натурные исследования заключаются в фиксации конкретных условий и показателей дорожного движения, фактически происходящего в течение заданного периода времени. Эта группа методов в настоящее время наиболее распространена и отличается большим многообразием. Натурные исследования являются единственным способом получения достоверной информации о состоянии дорог и позволяют дать точную характеристику существующих транспортных и пешеходных потоков [8 с. 139-150].

Согласно межгосударственному стандарту ГОСТ 20444-2014 «Шум. Транспортные потоки. Методы определения шумовой характеристики» при измерении шумовых характеристик транспортного потока целесообразно одновременно определять его интенсивность и скорость движения [9 с.11].

Транспортный шум относится к колеблющемуся шуму (уровень звука которого непрерывно изменяется во времени). Поэтому для характеристики колеблющегося во времени шума рекомендуется использовать величину эквивалентного уровня звука $L_{экв}$. Эквивалентный (по энергии) уровень звука представляет собой значение уровня звука постоянного источника шума, который в пределах регламентируемого интервала времени имеет то же самое среднеквадратическое значение уровня звука, что и рассматриваемый непостоянный шум, уровень звука которого изменяется во времени. По спектральному составу транспортный шум является низко- и среднечастотным и способен распространяться на значительные расстояния от источника. Измерение эквивалентного уровня звука следует проводить интегрирующими-усредняющими шумомерами 1-го или 2-го класса, соответствующими ГОСТ 17187.

Для оценки шума одним числом, учитывающим субъективную оценку его человеком, широко используется «уровень звука» (в дБА) – общий (отнесенный ко всем полосам частот) уровень звукового давления, скорректированный по кривой частотной коррекции «А», характеризующей приближенно частотную характеристику восприятия шума человеческим ухом.

Натурные исследования распределения шумового загрязнения от автотранспорта проводились в городе Набережные Челны на проспекте Мира – одном из самых загруженных участков улично-дорожной сети (рисунок 1). Для этих целей использовался шумомер 1 класса по ГОСТ 17187-2010, МЭК 60651/60804 и МЭК 61672-1 - ОКТАВА-110А.



Рис.1 – Натурные обследования

Результаты обследования показали, что измеренный уровень звука значительно превышает предельно допустимый (55 дБА) при любых измеренных значениях интенсивности потока и расстояния от дороги (таблица 1,2).

Таблица 1

Результаты измерений шумовых характеристик при различной интенсивности автотранспортного потока

Общее количество автомобилей	Из них					Эквив. уровень звука, дБА	Условия измерений
	Легковые	Грузовые	Автобусы	Микро-автобусы	Другие		
75	69	3	1	2		73,00	t окр = -1 °С V ветра = 1 м/с Продолжительность измерений = 2 мин Скорость потока = 60 км/ч Расстояние от дороги = 7,5 м
80	85	1	1	3		75,00	
93	87	2	2	2		77,50	
98	92	1	2	3		77,70	
116	106	1	1	8		78,40	
126	112	0	1	13		78,70	
131	116	3	3	8	1 трактор	78,80	
135	122	7	2	4		79,20	
138	129	3	2	4		79,40	
151	138	0	2	11		79,70	
151	140	1	4	6		79,70	
156	142	2	1	11		79,80	
164	157	1	1	6		79,90	
173	162	3	4	4		80,00	
181	170	3	5	3		80,10	
189	185	1	1	2		80,20	
200	190	3	2	5		80,30	

Таблица 2

**Результаты измерений шумовых характеристик
при различном расстоянии от дороги**

Расстояние от дороги	Эквивалентный уровень звука дБА	Максимальный уровень звука дБА	Минимальный уровень звука дБА	Условия измерений
0	79,9	83,1	78,4	t окр = -1 °С V ветра = 1 м/с Продолжительность измерений = 2 мин Скорость потока = 60 км/ч Расстояние от дороги = 7,5 м
2	78,5	78,8	73,1	
5	77,2	78,3	73,0	
8	74,2	74,4	71,7	
10	72,0	74,2	71,5	
15	68,8	70,6	68,3	
20	67,8	68,2	67,5	
25	66,1	66,6	65,3	

В результате проведенного корреляционного анализа был сделан вывод, что при текущих параметрах транспортного потока (высокой интенсивности движения со значительном преобладанием в структуре транспортного потока легковых автомобилей) на эквивалентный уровень звука оказывает влияние общее количество автомобилей, тогда как влияние отдельных групп автомобилей (грузовых, автобусов и микроавтобусов и других видов) незначительное (таблица 3).

Таблица 3

**Зависимость эквивалентного уровня звука
от количества и состава транспортного потока**

Факторы	Зависимость эквивалентного уровня звука от факторов (значение коэффициента корреляции)
Кол-во автомобилей	0,869
Кол-во легковых автомобилей	0,834
Кол-во грузовых автомобилей	0,023
Кол-во автобусов	0,375
Кол-во микроавтобусов	0,317
Кол-во других видов транспорта	0,017

Для определения аналитического вида зависимости уровня звука от интенсивности движения был проведен регрессионный анализ. В результате анализа была найдена регрессионная функция $f(x) = 84,542 - \frac{42832,62}{x^2}$, где $f(x)$ – значение эквивалентного уровня звука, x – общее число автомобилей,

проезжающих в течение 2 минут, для которой коэффициент детерминации $R^2 = 0,964$ (рисунок 2). Таким образом, регрессионная функция достаточно точно описывает зависимость эквивалентного уровня звука от числа автомобилей.

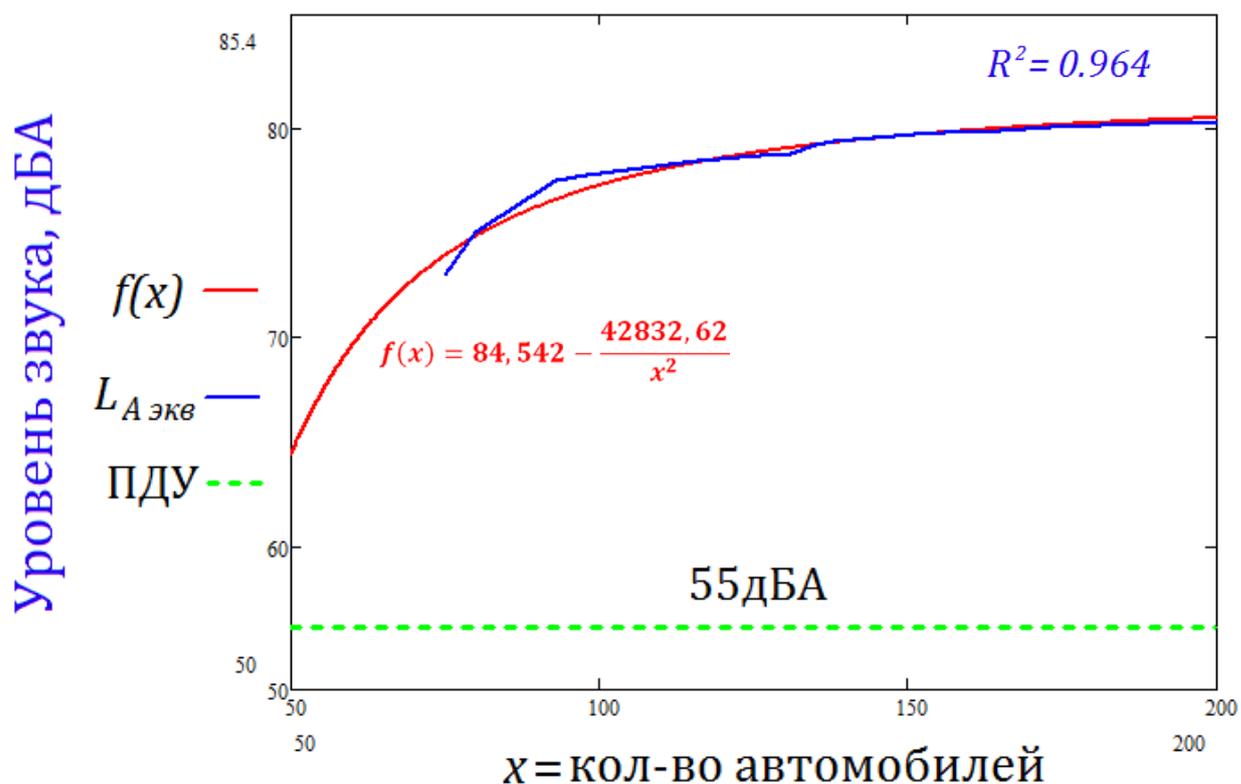


Рис. 2 – Зависимость уровня звука от числа автомобилей

Регрессионная функция зависимости эквивалентного уровня звука от расстояния до автодороги (источника шума) имеет вид: $g(l) = 79,2267 - 0,5802 \cdot l$, где $g(l)$ – значение эквивалентного уровня звука, l – расстояние до источника шума. Коэффициент детерминации $R^2 = 0,955$ (рисунок 3). Таким образом, в интервале от 0 до 41 м уровень звука превышает предельно допустимое значение, и нахождение в этом интервале может оказывать негативные последствия на здоровье человека.

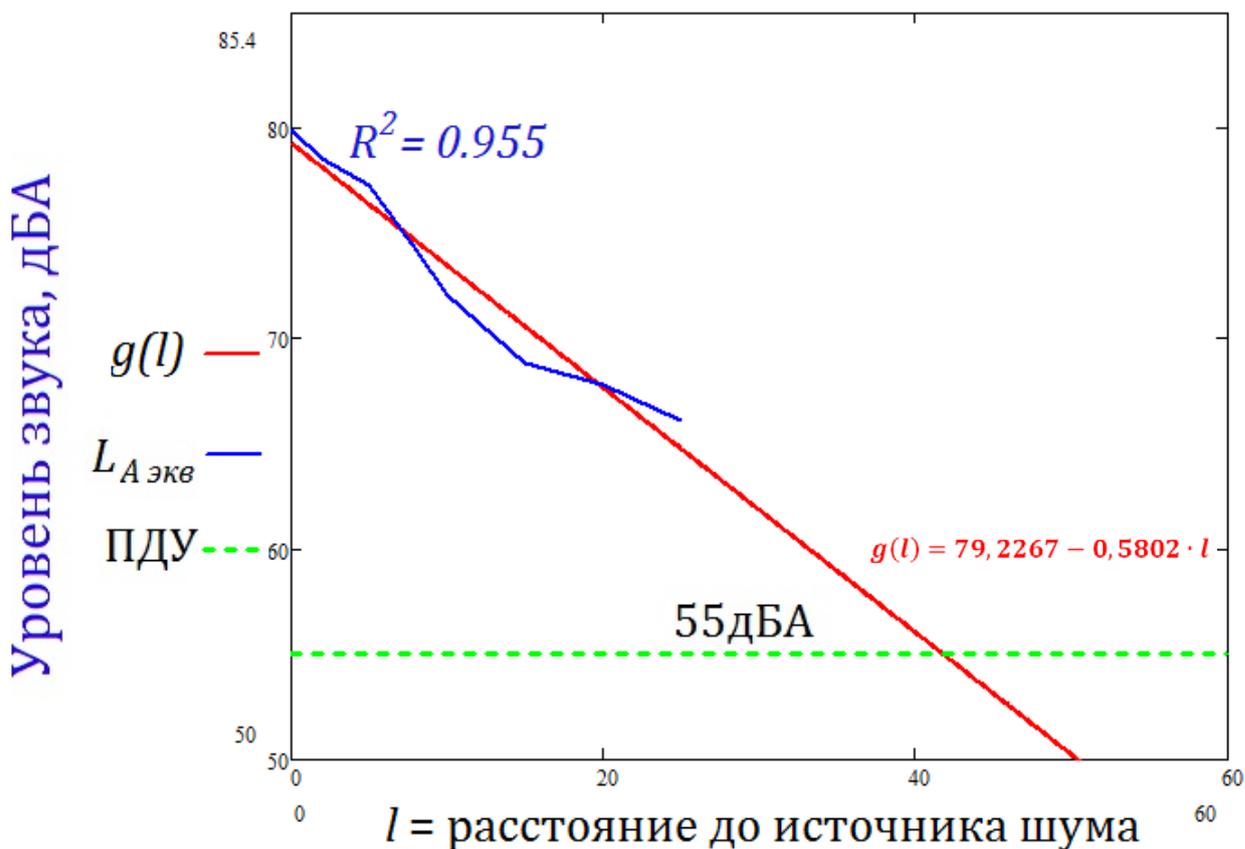


Рис. 3 – Зависимость уровня звука от расстояния до источника шума

Для защиты от шума могут применяться следующие основные методы:

1. Технические – устранение причин шумообразования или ослабление его в источнике возникновения;
2. Планировочные – снижение уровня шума по пути его распространения;
3. Организационные или административные.

Наиболее радикальными и затратными являются технические меры, которые направлены на источники шума. Однако эффективность мероприятий по снижению шума эксплуатируемых автомобилей довольно мала. Снижения или устранения шума в источнике следует добиваться, прежде всего, в процессе проектирования.

Снижению шума в городе должно способствовать создание малошумных средств транспорта, таких, как электромобили, автомобили с гибридными двигателями, высокоэффективными глушителями и дожигателями газов. Однако автомобильная промышленность не может быть перестроена в короткие сроки для производства новых видов транспорта. Малошумные

автомобили или электромобили не смогут заменить весь парк современных автомобилей. Поэтому в борьбе с городским транспортным шумом следует использовать в первую очередь средства архитектурно-планировочного, строительного и организационного характера.

Уменьшение уровней шумов, проникающих в помещения от внешних источников, должно обеспечиваться рациональной планировкой помещения, соблюдением мероприятий по звукоизоляции ограждающих конструкций (стен, потолка и пола), санитарно-технического и инженерного оборудования зданий.

Защита территории жилой застройки от транспортных шумов должна осуществляться рациональными градостроительными средствами. В этом случае средствами защиты от городских шумов являются расстояние, применение искусственных экранирующих средств и растений.

С целью снижения отрицательного шумового воздействия от транспортного потока наряду с другими шумозащитными сооружениями и техническими и организационными мероприятиями используют акустические экраны. Шумозащитные экраны снижают транспортный шум за счет поглощения, изменения длины волны, отражения, или дифракции. Шумозащитные экраны устанавливаются вдоль дорог, обычно имеют вид стены, насыпи или их комбинации. Выбор вида экрана выполняется с учетом доступности территории, вида материала, его стоимости, эстетики и удобств для населения. Также в качестве экранов можно использовать здания и сооружения с пониженными требованиями к шумовому режиму (предприятия бытового обслуживания, торговли, общественного питания, коммунальные; общественные и культурно-просветительные, административно-хозяйственные учреждения). В этом случае их следует размещать вдоль источников шума в виде фронтальной, по возможности непрерывной, застройки.

Кроме того, хорошо поглощают звук растения. Даже хвойные растения позволяют уменьшить уровень издаваемого автомобилями шума на 6-9 дБ. Положительных результатов в борьбе с шумом удастся достигнуть применением специальных методов посадки – в несколько рядов. Лучшие

показатели демонстрирует комбинация деревьев и кустарников [10 с. 86 - 101]. Однако, согласно исследованиям, растения неэффективны в борьбе с шумом низкой частоты. Поэтому для защиты от шума от грузовых автомобилей и больших автобусов, учитывая преобладание в них низкочастотных шумов от двигателя, необходимо использовать другие мероприятия [11 с. 19–27].

Организационные и административные меры направлены на предотвращение или регулирование во времени эксплуатации тех или иных источников шума. К ним относятся перераспределение движения транспортных потоков по магистралям города; ограничение движения в разное время суток по тем или иным направлениям; изменение состава транспортных средств (например, запрет использования на некоторых улицах города грузовых автомобилей и автобусов с дизельными двигателями) и т. п.

Литература

1. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2016 году» [Текст]. – М.: Минприроды России; НИА-Природа. – 2017. – 746 с.
2. Health implication of road, railway and aircraft noise in the European Union. – National Institute for Public Health and the Environment, 2014. – 59 p.
3. Stansfeld, S.A., Shipley, M. Noise sensitivity and future risk of illness and mortality // *Science of the Total Environment*. – 2015. – Vol.520. – P. 114–119. DOI: 10.1016 / j.scitotenv.2015.03.053.
4. Nicolas Pignier. The impact of traffic noise on economy and environment: a short literature study. – KTH ROYAL INSTITUTE OF TECHNOLOGY, 2015. - 17 p.
5. Sabine J. Schlittmeier, Alexandra Feil, Andreas Liebl and Jürgen Hellbrück. The impact of road traffic noise on cognitive performance in attention-based tasks depends on noise level even within moderate-level ranges. // *Noise Health*. – 2015/ - Vol. 17(76). – P.148–157. DOI: 10.4103/1463-1741.155845.

6. Tracy K. Swinburn, Monica S. Hammer, Richard L. Neitzel. An Economic Assessment of U.S. Environmental Noise as a Cardiovascular Health Hazard // American Journal of Preventive Medicine. - September 2015/ - Vol. 49. - Issue 3. - P. 345-353.
7. Shi Shu, Pu Yang, Yifang Zhu. Correlation of noise levels and particulate matter concentrations near two major freeways in Los Angeles, California. // Environmental Pollution. - 2014. - 193. – P. 130-137. DOI: 10.1016 / j.envpol.2014.06.025.
8. Makarova I., Khabibullin R., Mavrin V., Belyaev E. Simulation modeling in improving pedestrians' safety at non-signalized crosswalks. // TRANSPORT PROBLEMS. – 2016. – Vol. 11. - Issue 4. – P. 139-150.
9. ГОСТ 20444-2014. Шум. Транспортные потоки. Методы определения шумовой характеристики: Межгосударственный стандарт 20444-2014: [взамен ГОСТ 20444-85: введен 01.07.2015] / Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации по переписке; [подготовлен ФГБУ "Научно-исследовательский институт строительной физики Российской академии архитектуры и строительных наук" (НИИСФ РААСН)]. – Москва: Стандартинформ, 2015. – 24 с.
10. Van Renterghem, T., Forssen, J., Attenborough, K. et al. Using natural means to reduce surface transport noise during propagation outdoors. // Applied Acoustics. – 2015. – Vol. 92. - P. 86 - 101. DOI: 10.1016 / j.apacoust.2015.01.004.
11. Van Renterghem, T., Attenborough, K., Maennel, M. et al. Measured light vehicle noise reduction by hedges. // Applied Acoustics. – 2014. – Vol.78. – P. 19–27. DOI: 10.1016 / j.apacoust.2013.10.011.

Makarova I.V. Doctor of Sciences (Tech.), professor, Naberezhnye Chelny Institute of Kazan (Volga region) Federal University

Mavrin V.G. Candidate of technical Sciences, assistant professor, Naberezhnye Chelny Institute of Kazan (Volga region) Federal University

Magdin K.A. Naberezhnye Chelny Institute of Kazan (Volga region) Federal University

IMPACT OF NOISE POLLUTION OF AUTOMOBILE TRANSPORT ON THE ENVIRONMENT OF URBANIZED TERRITORIES

Abstract. The article notes that road transport emits significant noise pollution. The negative impact of noise on the human body is analyzed. The results of field surveys of noise pollution from vehicles of the site of Naberezhnye Chelny road network are presented. It is noted that the measured sound level at the site is much higher than the maximum acceptable sound level. The main methods and measures for noise protection have been analyzed.

Key words: environmental safety; traffic flows; noise pollution