

УДК 534.6.08

Оценка влияния электробусов на уровень транспортного шума на территории жилой застройки

Казанцева Валерия Витальевна^{1, 2(*)}

lera.kazantseva.styles@mail.ru

¹ ООО «ЦЭБ ГА», Москва, Россия² ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский университет “МЭИ”», Москва, Россия

Аннотация. Рассмотрено влияние городского пассажирского транспорта на формирование шумовой нагрузки на территории жилой застройки. Представлена оценка возможности снижения шумового загрязнения городской среды при замене автобусов с двигателем внутреннего сгорания на электробусы. В ходе исследования проведены натурные измерения уровней звука при движении традиционных автобусов и электробусов на участке улично-дорожной сети города Москвы. Полученные экспериментальные данные были проанализированы, а также проведены расчеты уровней звука для различных сценариев транспортной нагрузки: при эксплуатации только электробусов и при задействовании исключительно автобусов с двигателем внутреннего сгорания.

Ключевые слова: шумовое загрязнение, городской транспорт, электробусы, транспортный шум, уровень звука, акустическая среда жилой застройки

Assessment of the Impact of Electric Buses on Transport Noise Levels in Residential Areas

Kazantseva Valeria Vitalievna^{1, 2(*)}

lera.kazantseva.styles@mail.ru

¹ CEB GA LLC, Moscow, Russia² National Research University “MPEI”, Moscow, Russia

Abstract. The influence of urban passenger transport on the formation of noise load in residential areas is considered. An assessment of the potential for reducing urban noise pollution through the replacement of internal combustion engine buses with electric buses is presented. Within the framework of the study, field measurements of sound levels were carried out during the operation of conventional buses and electric buses on a section of the urban road network in Moscow. The obtained experimental data were analyzed, and sound levels were calculated for different traffic scenarios: operation of electric buses only and operation of buses equipped with internal combustion engines only.

Keywords: noise pollution, urban transport, electric buses, traffic noise, sound level, acoustic environment of residential areas

Введение. Транспортный шум в условиях современной урбанизированной среды рассматривается как один из приоритетных факторов техногенного воздействия на население. Согласно данным из государственного доклада

«О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2024 году», вклад автотранспорта в общую шумовую картину составляет до 90 % [1].

Рост уровня автомобилизации, увеличение плотности транспортных потоков и интенсивности улично-дорожного движения обуславливают устойчивое превышение допустимых санитарно-гигиенических нормативов по шуму на территориях жилой застройки. Акустическое загрязнение городской среды оказывает комплексное негативное воздействие на организм человека, включая развитие стрессовых состояний, снижение работоспособности, нарушение сна и повышение риска сердечно-сосудистых заболеваний [2]. В связи с этим проблема снижения транспортного шума приобретает не только экологическое, но и социально-экономическое значение. Структура транспортного шума определяется совокупностью источников различной физической природы, включая шум двигателя и взаимодействие шин с дорожным покрытием. При этом вклад отдельных составляющих существенно зависит от типа транспортного средства и режима его эксплуатации. В условиях перехода к концепции устойчивого развития городской инфраструктуры особое внимание уделяется внедрению экологически безопасных видов транспорта. Одним из наиболее перспективных направлений является использование электробусов, характеризующихся отсутствием двигателя внутреннего сгорания и, как следствие, сниженным уровнем акустического воздействия. Несмотря на очевидные преимущества электрического транспорта, вопросы количественной оценки его влияния на акустическую обстановку в реальных условиях городской застройки остаются недостаточно изученными, ранее шум измеряли в салоне электробуса, но это не может показать реальное воздействие электробусов на уровень шума на территории жилой застройки [3]. Особую актуальность приобретает анализ шумовых характеристик вблизи жилых территорий, где требования к уровню акустического комфорта являются наиболее жесткими. Научная новизна настоящего исследования заключается в комплексной оценке влияния электробусов на формирование транспортного шума с учетом реальных условий эксплуатации и параметров городской среды. Целью работы является экспериментальное определение влияния электробусов на уровень транспортного шума в зоне жилой застройки. Для достижения поставленной цели решались следующие задачи: проведение натурных измерений уровней звука транспортного потока, анализ зависимости акустических характеристик от типа транспортного средства и режима движения, оценка степени снижения шумового воздействия при использовании электробусов, формирование выводов о целесообразности внедрения электрического транспорта с точки зрения акустической безопасности.

Методы и материалы. В качестве исходного материала использованы данные натурных измерений транспортного шума, по адресу: ул. Новорязанская, остановка общественного транспорта «Спартакoвская улица» (55.771730, 37.668445). Измерения проводились с использованием шумомера-виброметра, анализатора спектра «ЭКОФИЗИКА-110А», в роли вспомога-

тельного оборудования применялись: дальномер ADA Cosmo 100, измеритель метеорологических параметров eКологгер 85489–22 и штатив для установки измерительного прибора. Интерпретация условий измерений и оценка результатов выполнялись с опорой на ГОСТ 20444–2014 «Шум. Транспортные потоки. Методы определения шумовой характеристики», микрофон располагался на расстоянии 7,5 м от оси ближней к точке измерения полосы и на высоте 1,5 м от уровня покрытия проезжей части [4]. Также соблюдалось расстояние 50 м от остановок, перекрестков и пешеходных переходов. Дальнейшая обработка результатов выполнялась в программном обеспечении Signal+Light. Для сравнения автобусов и электробусов было использовано по пять проездов каждого типа транспорта. По этим данным вычислялись средние значения уровней звукового давления в октавных полосах со среднегеометрическими частотами от 31,5 до 8000 Гц. Дополнительно прогнозировалась зависимость эквивалентного уровня звука от доли электробусов в транспортном потоке в диапазоне от 0 до 100 %. Для описания суточного профиля движения общественного транспорта использовались данные расписания маршрутов на платформе Яндекс Карты [5]. Анализ расписания движения транспортных средств, применяется как вспомогательный источник, для более точной оценки инструментальных измерений.

Результаты. В ходе экспериментальных исследований были получены значения эквивалентных и максимальных уровней звука, характеризующие акустическое воздействие транспортного потока в зоне жилой застройки. Обработка измерений выполнялась с применением специализированного программного обеспечения, что обеспечило корректное усреднение, фильтрацию и спектральный анализ шумовых событий в соответствии с требованиями нормативной документации. Анализ обработанных данных показал, что уровень акустического воздействия транспортного потока существенно зависит от типа используемого подвижного состава. Наглядно видно, что при прохождении электробусов фиксируются более низкие значения уровней звукового давления по сравнению с автобусами, оснащенными двигателями внутреннего сгорания (рис. 1).

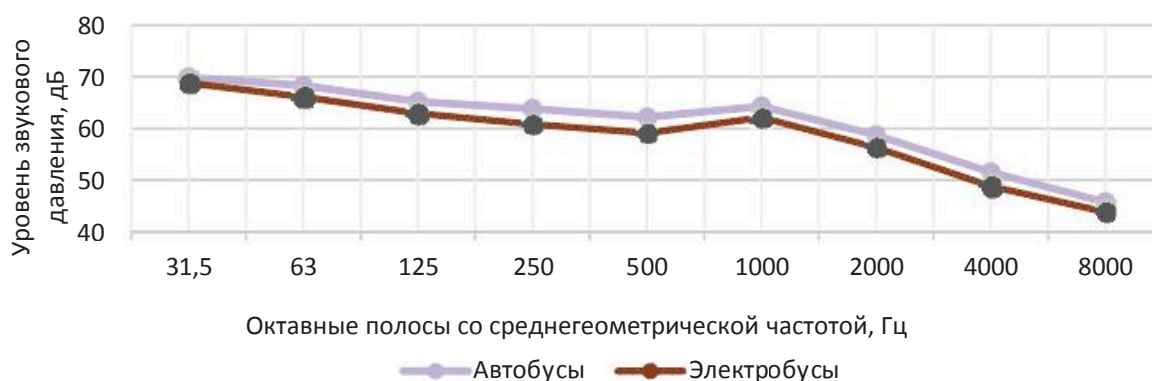


Рис. 1. Уровни звукового давления в октавных полосах со среднегеометрическими частотами при проезде автобусов и электробусов

Наибольшие значения уровней звукового давления наблюдаются в области низких и средних частот. Особенно, в октавной полосе 31,5 Гц уровень звукового давления составляет порядка 70 дБ для автобусов и около 69 дБ для электробусов. В диапазоне 63...500 Гц фиксируется постепенное снижение уровней звука, при этом различие между типами транспортных средств остается прежним, в среднем 1...3 дБ. В октавной полосе 1000 Гц наблюдается частичное увеличение уровня звукового давления для обоих типов транспорта: примерно, 64 дБ для автобусов и 62 дБ для электробусов, после чего при переходе к более высоким частотам (2000...8000 Гц) фиксируется видимое снижение уровней звукового давления. В области высоких частот (4000...8000 Гц) значения уровней звукового давления минимальны и составляют порядка 52...46 дБ для автобусов и 49...44 дБ для электробусов соответственно. При этом различие между исследуемыми типами транспортных средств сохраняется на всем диапазоне частот. Основным интегральным показателем являлся эквивалентный уровень звука, определяемый как энергетически усредненная величина за интервал измерения, позволяющая учитывать переменный характер транспортного шума [6]:

$$L_{\text{АЭКВ}} = 10 \lg \left(\frac{1}{T} \sum \tau_j 10^{0,1 L_j} \right), \quad (1)$$

где τ_j — время действия уровня L_j , мин; T — общее время измерения, мин.

Расчет показал почти линейное уменьшение эквивалентного уровня звука при росте доли электробусов в потоке (рис. 2).

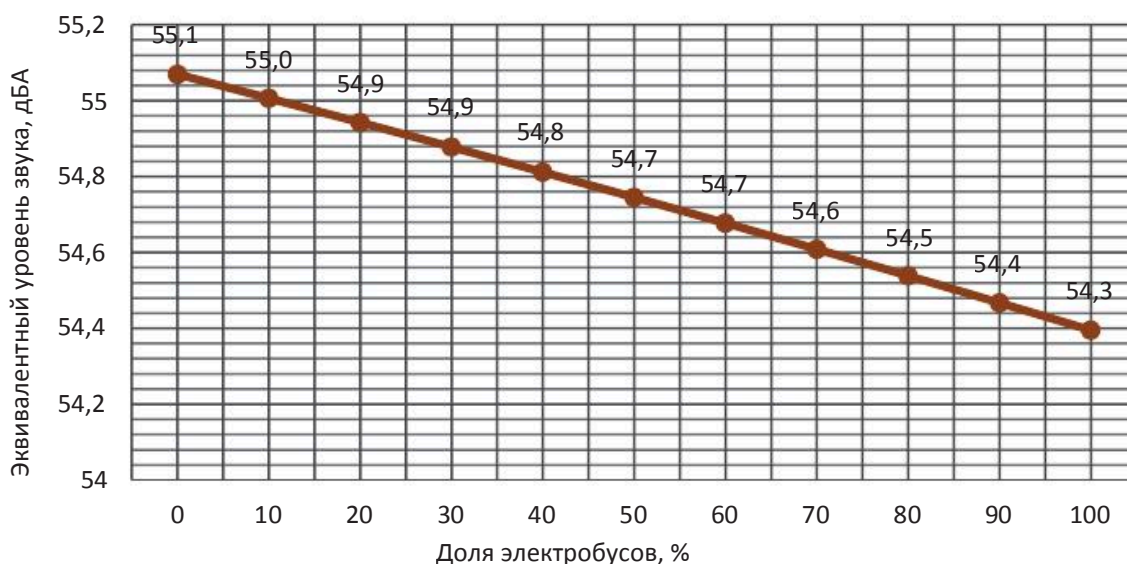


Рис. 2. Зависимость $L_{\text{АЭКВ}}$ от доли электробусов в транспортном потоке

При отсутствии электробусов расчетное значение $L_{\text{АЭКВ}}$ составляло 55,1 дБА, а при полной замене автобусов электробусами — 54,4 дБА. Суммарное снижение составило 0,7 дБ. На каждые дополнительные 10 % элек-

тробусов приходилось уменьшение уровня на 0,1 дБ. Несмотря на то, что интегральное снижение выглядит не очень большим, оно является устойчивым и накапливается в течение всего периода воздействия.

Обсуждение полученных результатов. Полученные экспериментальные результаты позволяют провести анализ закономерностей формирования транспортного шума и оценить влияние конструктивных особенностей транспортных средств на акустическую обстановку городской среды. Снижение уровней звукового давления при использовании электробусов обусловлено, прежде всего, отсутствием двигателя внутреннего сгорания, который является основным источником акустического излучения в традиционных автобусах. Исключение данного источника приводит к изменению структуры шума: снижается доля низкочастотных и тональных компонентов. Это имеет важное значение с точки зрения восприятия шума человеком, поскольку низкочастотные колебания обладают повышенной проникающей способностью и оказывают более выраженное физиологическое воздействие. Использование программного обеспечения позволило обеспечить достоверность результатов за счет применения корректных алгоритмов усреднения и анализа шумовых событий, что особенно важно при исследовании нестационарных акустических процессов. Следует отметить, что снижение уровня транспортного шума при внедрении электробусов не решает проблему акустического загрязнения в полном объеме. Значительное влияние на формирование шумовой нагрузки оказывают такие факторы, как интенсивность движения, состояние дорожного покрытия, плотность застройки и метеорологические условия. Таким образом, полученные результаты подтверждают, что электробусы являются эффективным средством снижения транспортного шума в городской среде, однако максимальный эффект достигается только при реализации комплексного подхода, включающего совершенствование дорожной инфраструктуры и оптимизацию транспортных потоков.

Заключение. В ходе проведенного исследования выполнена экспериментальная оценка уровня транспортного шума в условиях городской жилой застройки на основе натурных измерений. Обработка измерений позволила получить данные, для выполнения сравнительного анализа акустического воздействия различных типов транспортных средств. В частности, зафиксированы различия в уровнях звукового давления при прохождении электробусов и традиционных автобусов. Эти данные показывают, что на акустические характеристики, полученные на исследуемом участке, влияет тип транспортного средства. Полученные результаты подтверждают наличие снижения суммарного уровня транспортного шума при присутствии электробусов в составе транспортного потока. Благодаря этим данным есть возможность, в будущем, рассмотреть полный переход на электробусы на исследуемом участке. Эти исследования также можно в дальнейшем использовать для оценки акустической обстановки в городских условиях и при планировании мероприятий по снижению шумового воздействия транспортной инфраструктуры.

Список источников

- [1] *О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2024 году*. Государственный доклад. Москва, Роспотребнадзор, 2024.
- [1] *Клинические рекомендации. Потеря слуха, вызванная шумом*. Москва, Минздрав Российской Федерации, 2024.
- [1] Мосгортранс. Мы замерили уровень шума в салоне наших электробусов. URL: <https://mosgortrans.com/press/news/my-zamerili-uroven-shuma-v-salone-nashikh-elektrobusov/> (дата обращения 10.04.2026).
- [1] ГОСТ 20444–2014. Шум. Транспортные потоки. Методы определения шумовой характеристики. Москва, Стандартинформ, 2014.
- [1] Яндекс Карты. URL: <https://yandex.ru/maps/-/CPCEFW7W> (дата обращения 22.03.2026).
- [1] СНиП 23-03–2003. *Защита от шума*. Москва, Госстрой России, 2004.