

Е.П. Дудкин, В.А. Черняева

(Петербургский государственный университет путей сообщения;
e-mail: kpgt@pgups.edu)

ПРОБЛЕМЫ ОХРАНЫ ТРУДА И ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОПАСНОСТИ ГОРОДСКОГО ТРАНСПОРТА

Проведён анализ влияния различных видов городского пассажирского транспорта на природные геоэкологические системы и методов защиты среды обитания от негативного воздействия транспортного комплекса. Обоснована целесообразность и важность развития трамвая. Предложены способы снижения шума и вибраций от движения трамваев.

Ключевые слова: транспортные системы, трамвайный путь, шум, вибрация, загрязнение атмосферного воздуха, электромагнитное излучение.

E.P. Dudkin, V.A. Chernyaeva

PROBLEMS OF LABOUR PROTECTION AND GEOECOLOGICAL DANGER OF URBAN TRANSPORT

Analysis of influence of different kinds of city passenger transport on natural ecological systems and methods of environment protection from the negative impact of the transport complex. The expediency and the importance of the development of the tram. Proposed ways to mitigate noise and vibration from the movement of trams.

Key words: transport systems, tram way, noise, vibration, air pollution, electromagnetic radiation.

Статья поступила в редакцию Интернет-журнала 15 декабря 2013 г.

Транспорт – один из важнейших компонентов общественного и экономического развития, поглощающий значительное количество ресурсов и оказывающий серьёзное влияние на окружающую среду. При всей важности транспортного комплекса как неотъемлемого элемента экономики необходимо учитывать его весьма значительное негативное воздействие на людей и природные геоэкологические системы. Известно, что особенно резко эти воздействия ощущаются в крупных городах, возрастая по мере увеличения плотности населения. Эта закономерность справедлива и в отношении городского пассажирского транспорта.

Защита населения и среды обитания от негативного воздействия городского транспорта может быть пассивной и активной. В первом случае – это меры, осуществляемые для защиты объектов воздействия от неотвратимо возникающих (состоявшихся) факторов воздействия (шумозащитные экраны, защитные посадки деревьев и т. п.), во втором – меры, позволяющие уменьшить воздействие или исключить его вообще за счёт существенных изменений в конструкциях подвижного состава, дорожных и путевых устройств. Однако наиболее эффективное решение – замена источника воздействия, реализация принципа приоритетности развития видов транспорта с учётом геоэкологических характеристик отдельных видов транспорта.

Негативные воздействия транспорта на людей и окружающую среду рассматриваются в трех аспектах:

- **охрана труда** социальных групп, занятых в сфере городского пассажирского транспорта (профессиональные заболевания водителей, повышение вредного класса труда);

- геоэкологическая **безопасность участников дорожного движения** (гибель, увечья и отравления людей, усиление стрессовых нагрузок участников движения, рост налогов и затрат на транспорт, гиподинамия);

- геоэкологическая **безопасность людей, не пользующихся услугами отдельного вида городского транспорта**, и окружающих объектов (гибель, увечья и отравления людей, расход энергетических, материальных, земельных, водных ресурсов, воздушной среды).

К основным негативным воздействиям городского транспорта относят:

- загрязнение атмосферного воздуха;

- шум;

- вибрация;

- электромагнитное излучение.

Рассмотрим каждую характеристику более подробно.

Загрязнение атмосферного воздуха

По различным источникам, 56,8...91,4 % загрязнений атмосферного воздуха приходится на долю автомобильного транспорта. Автомобиль выжигает значительное количество кислорода и выбрасывает в атмосферу эквивалентное количество диоксида углерода, что способствует созданию парникового эффекта. В составе выхлопных газов содержится около 200 вредных веществ. Основными загрязняющими атмосферу веществами являются оксиды углерода, углеводороды, оксиды азота, сажа, свинец, диоксид серы, влияющие на кровеносную, нервную, мочеполовую системы, вызывающие снижение умственных способностей у детей, увеличивающие восприимчивость к вирусным заболеваниям и т. д. Транспортные заторы увеличивают выбросы токсичных компонентов автомобильных газов.

Шум

Шум – нежелательные звуковые колебания, беспорядочно изменяющиеся во времени, лежащие в диапазоне частот от 20 до 20000 Гц. Шум характеризуется частотой f , интенсивностью I и звуковым давлением p .

Шум оказывает раздражающее воздействие, снижает самообладание, влияет на характер принимаемых решений, снижает внимание в процессе длительной работы.

Уровень шума, образуемого большинством эксплуатируемых автобусов, устойчив в пределах 85-90 дБа, троллейбусами – на уровне 76 дБа.

Шум от трамваев по уровню аналогичен шуму грузового транспорта и составляет 80-90 дБА. Уровень шума от поездов метро в 7 м от оси пути составляет 80-85 дБА.

Вибрация

При движении транспортного средства в нём возникают колебания, обусловленные неуравновешенными силовыми воздействиями в узлах и агрегатах подвижного состава, а также внешним переменным воздействиям от неровностей дорожного покрытия. Эти колебания передаются через транспортное средство на дорожное покрытие, грунт и далее на элементы придорожного пространства.

Исследователи Японии установили, что характер профессии определяет некоторые особенности действия вибрации. Например, у шофёров грузовых машин широко распространены желудочные заболевания, у водителей трелевочных тракторов на лесозаготовках – радикулиты, у пилотов, особенно работающих на вертолётах, наблюдается снижение остроты зрения. Нарушения нервной и сердечно-сосудистой деятельности у лётчиков возникают в 4 раза чаще, чем у представителей других профессий.

Вибрации, возникающие при движении транспортного средства, воздействуют не только на водителя и пассажиров, но и передаются через дорожное покрытие в окружающее пространство. Они могут превышать допустимый для человека уровень на удалении от проезжей части до 10 м.

Вибрации, проникающие в жилые помещения, в результате круглосуточного длительного воздействия могут также оказывать неблагоприятное влияние на здоровье людей. Интенсивные вибрации проникают в здания, расположенные в радиусе 70 м по обе стороны от тоннеля метрополитена. Источником возникновения вибраций рельса является воздействие на них колёс, вызывающее распространение колебаний в различных направлениях. В жилых домах, удалённых на 40-45 м, уровни виброускорения на основных частотах составляют 25-27 дБ.

Для зданий и сооружений, расположенных в непосредственной близости к трамвайным путям, вибрационные воздействия могут являться существенным фактором, влияющим как на комфортность проживания, так и на прочность строительных конструкций. Вибрация при движении трамваев передаётся через рельсовые пути на их опору и далее через грунт к окружающим постройкам, являясь как самостоятельным источником воздействия, так и порождая переизлучённый шум.

Электромагнитные излучения

Электромагнитное поле проявляется в работе всех электротехнических приборов и установок. Основным источником электромагнитных излучений – система зажигания автомобиля и, в первую очередь, свечи, распределитель, высоковольтные провода.

Электромагнитные поля с высокой плотностью энергии оказывают вредное воздействие непосредственно на организм человека. Степень воздействия определяется количеством энергии электромагнитных излучений в зависимости от частоты или длины волны.

Среднее значение напряжённости магнитного поля в пригородных электропоездах составляет 20, а в трамваях и троллейбусах – 30 мкТл. Еще выше эти показатели на платформах станций метрополитена – до 50-100 мкТл, в вагонах же интенсивность электромагнитного поля достигает 150-200 мкТл, что означает превышение допустимого уровня облучения до 1000 раз. Нормируемая напряжённость поля электромагнитного излучения автомобиля в диапазоне 30-1000 МГц не должна превышать 34 дБ.

Воздействие различных видов транспорта на городскую среду проявляется неодинаково. Если по усреднённым данным построить условный рейтинговый ряд, то по возрастающим значениям негативных влияний он будет выглядеть так: метро, троллейбус, трамвай, автобус.

Целесообразность приоритетного развития городского электрического транспорта очевидна. Однако при выборе вида городского пассажирского транспорта необходима комплексная оценка, учитывающая, кроме геоэкологических, такие важные характеристики как, расходы на организацию перевозок и время, затрачиваемое пассажиром на поездку. При учёте всех факторов трамвай выходит на лидирующие позиции, по сравнению с метрополитеном и троллейбусом.

Важность сохранения и развития трамвайного движения неоднократно обсуждалась Международным Союзом Общественного транспорта (МСОТ/UITP). Принятые решения и декларации сводятся к следующему:

- Трамвай – единственный вид наземного пассажирского транспорта, который технологически в состоянии обеспечить в зонах плотной городской застройки высокие объёмы перевозок при разумных затратах на инвестиции и эксплуатацию. Трамвайное движение отличается большой провозной способностью линий. Трамвай – это второй по провозным возможностям транспорт после метрополитена.

- Модернизированный трамвай, или легкорельсовый транспорт (ЛРТ), не только является геоэкологически чистым видом транспорта, но и обладает возможностью предоставления по доступной цене высококачественных и высококорентабельных услуг по перевозке всех категорий граждан.

- При пассажиропотоке более 5000 пасс./час эксплуатация трамвая обходится дешевле эксплуатации автобуса и троллейбуса.

- Высокая скорость. Трамвай имеет преимущество перед другими наземными видами транспорта ещё и высокой скоростью (при обособленном движении трамвай может развивать скорость до 90 км/ч). Средняя скорость трамвая – до 30 км/ч, тогда как у автобуса – 18 км/ч, метро – 40 км/ч. Наибольшая скорость трамвайного сообщения достигается на обособленном и выделенном пути.

- Экономичность. Трамвай отличается большей экономичностью, чем другие виды городского транспорта, затраты на его эксплуатацию меньше, чем у троллейбуса, использование электроэнергии дешевле, чем использование бензина автобусом. Срок службы трамвайного вагона составляет 30 лет, троллейбуса – 12, автобуса – 10. В отличие от троллейбусов, трамваи более электробезопасны и более экономичны.

Признав приоритетность электротранспорта, необходимо разрабатывать и осуществлять меры, повышающие его конкурентоспособность по всем направлениям, по которым это оказывается необходимым, в том числе снижение негативного влияния на окружающую среду.

Шумность трамвая – следствие неудовлетворительного состояния путей и некачественного ремонта подвижного состава. Современные трамваи, идущие по новым путям и имеющие специальную подвеску, не создают вообще никакого шума. На рис. 1, 2 показаны вид модели процесса образования шума качения и основные методы снижения шума от движения трамваев.

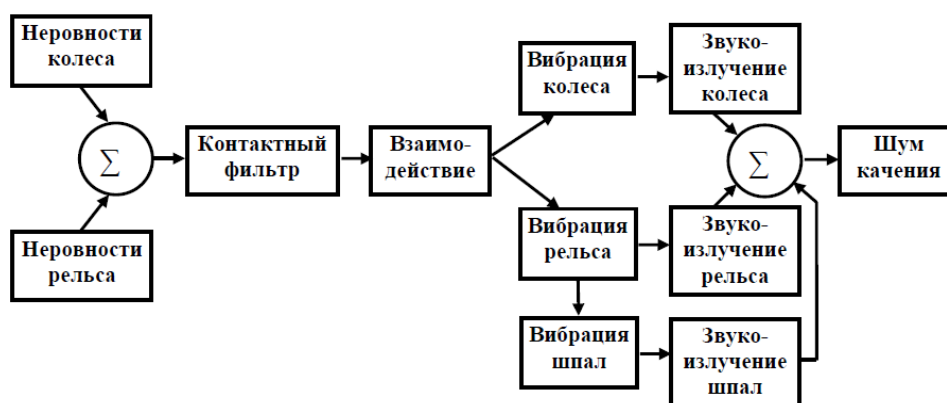


Рис. 1. Графический вид модели процесса образования шума качения

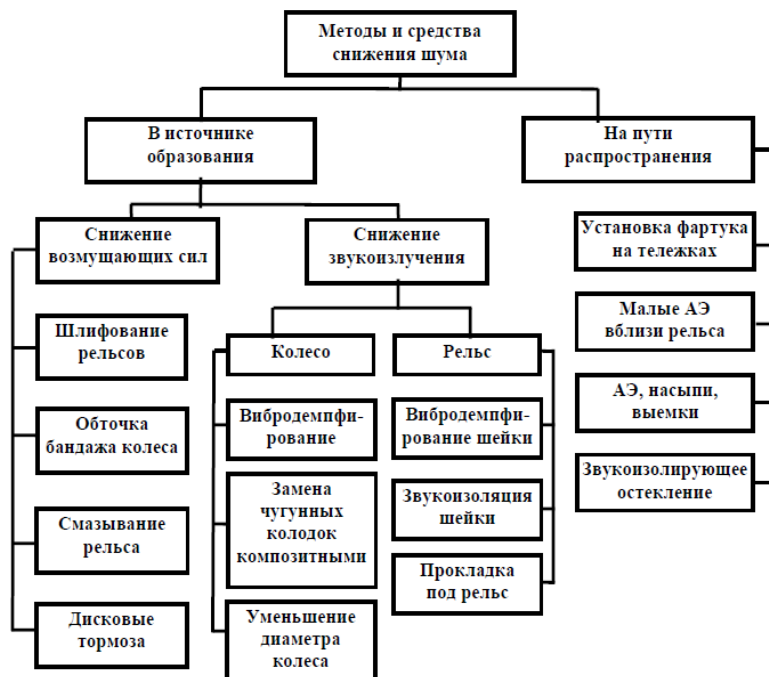


Рис. 2. Основные методы и средства снижения шума от движения трамваев (АЭ – акустический экран)

Снижение шума и вибрации в источнике образования "трамвайный путь" возможно следующими способами:

- Шлифование рельсов. Шлифованием поверхности рельсов устраняются неровности в виде волнообразного износа, влияющие на интенсивность шума качения. Превентивная обработка рельсов позволяет предотвращать усталостные явления на поверхности катания. Измерения до и после обработки рельсов показывают, что снижение шума после акустического шлифования достигает не менее 10-12 дБА.

- Звукоизоляция, вибродемпфирование и виброизоляция рельса. Снижение звукоизлучения рельса достигается установкой вибродемпфирующих накладок на шейку рельса, боковых профилей. Виброизоляция рельса достигается установкой прокладок под рельс (подошвенных профилей) (рис. 3).

- Лубрикация стрелочных переводов и кривых малых радиусов с целью снижения интенсивности износа и уровня шума и вибраций (конструкции лубрикаторов и смазка).

Кафедрой "Промышленный и городской транспорт" Петербургского государственного университета путей сообщения в 2010-2013 гг. были разработаны и внедрены современные конструкции трамвайных путей на монолитном железобетонном и фибробетонном основаниях. Обязательный элемент этих конструкций – виброизолирующие вкладыши (рис. 3) [1].

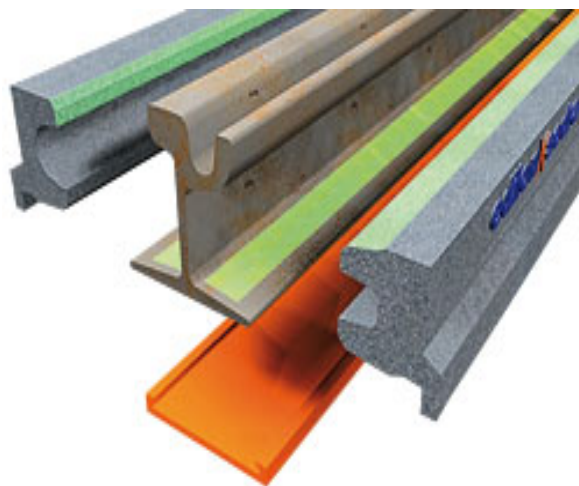


Рис. 3. Профили (вкладыши) для трамвайных путей

Исследования по погашению шума и вибрации при использовании разработанных конструкций пути показали снижение шума, вибрации до допустимых значений, а также снижение динамическое взаимодействия подвижного состава и пути, за счёт чего повышается комфорт пассажиров и сроки службы пары колесо-рельс.

Измерения уровней шума проводились на трамвайных путях Володарского, Александра Невского мостов (конструкции, выполненные по старым технологиям) и Троицкого моста (конструкция, выполненная по новым технологиям), а также Вяземского пер. от ул. Попова до Песочной наб. (конструкции, выполненные по новым технологиям) и ул. Маршала Говорова (конструкции, выполненные по старым технологиям). Результаты измерений представлены в табл. 1.

Таблица 1

Результаты измерений уровней шума от движения трамваев

№ п/п	Место проведения измерений	Уровень макс. звука, дБА
1	Точка измерений на проезжей части Вяземского пер. юго-западнее проезда между д. 64 к. 6 и д. 64 к. 5 по Вяземскому пер. (при прохождении трамвая)	81
2	Точка измерений на проезжей части Вяземского пер. юго-западнее проезда между д. 64 к. 6 и д. 64 к. 5 по Вяземскому пер. (без нагрузки)	78
3	Точка измерений на проезжей части Песочной наб. северо-восточнее пересечения Вяземского пер. и Песочной наб. (при прохождении трамвая)	85
4	Точка измерений на проезжей части Песочной наб. северо-восточнее пересечения Вяземского пер. и Песочной наб. (без нагрузки)	79
5	Точка измерений на проезжей части моста Александра Невского в 2 м в сторону ст. метро "Площадь Александра Невского 1" от соединения 2-х разводных частей пролёта (при прохождении трамвая)	89
6	Точка измерений на проезжей части моста Александра Невского в 2 м в сторону ст. метро "Площадь Александра Невского 1" от соединения 2-х разводных частей пролёта (без нагрузки)	82
7	Точка измерений на середине проезжей части разводного пролёта Володарского моста (при прохождении трамвая)	88
8	Точка измерений на середине проезжей части разводного пролёта Володарского моста (без нагрузки)	80
9	Точка измерений на середине проезжей части разводного пролёта Троицкого моста (при прохождении трамвая)	86
10	Точка измерений на середине проезжей части разводного пролёта Троицкого моста (без нагрузки)	79
11	Точка измерений юго-восточнее д. 26 по ул. Маршала Говорова напротив въезда в трамвайное депо (при прохождении трамвая)	86
12	Точка измерений юго-восточнее д. 26 по ул. Маршала Говорова напротив въезда в трамвайное депо (без нагрузки)	79
13	Допустимые максимальные уровни звука проникающего шума в помещениях жилых и общественных зданий и шума на территории жилой застройки согласно СН 2.2.4/2.1.8.562-96 день/ночь	80/70*

* Максимальные уровни звука в дБА для шума, создаваемого на территории средствами автомобильного, железнодорожного транспорта, приняты на 10 дБА выше

На основании данных табл. 1 можно сделать следующие выводы:

- Шум от проходящего подвижного состава по Песочной наб. в 2 раза больше, по пр. Маршала Говорова в 1,5 раза больше, чем на Вяземском переулке (конструкции, выполненные по новым технологиям).

- По всем трём мостам шум от проходящего подвижного состава увеличивается на одну и ту же величину, но в относительных единицах на Троицком мосту (конструкции, выполненные по новым технологиям) показания на 3 дБА меньше, чем на мосту Александра Невского, и на 2 дБА меньше, чем на Володарском мосту.

Среднеквадратичное значение звукового давления на органы слуха человека:

$$I = \frac{p^2}{\rho c},$$

где I – интенсивность звука, $Вт/м^2$;

p^2 – среднеквадратичное значение звукового давления, $Па$;

ρc – удельное акустическое сопротивление среды $Па \cdot с/м$.

Пользуясь определением децибела, можно записать уровень интенсивности звука:

$$L = 10 \lg \left(\frac{I}{I_0} \right),$$

где L – уровень интенсивности звука, дБ;

I – интенсивность звука, $Вт/м^2$;

I_0 – эталонный уровень интенсивности, $Вт/м^2$.

На рис. 4 показана зависимость уровня шума от его интенсивности.

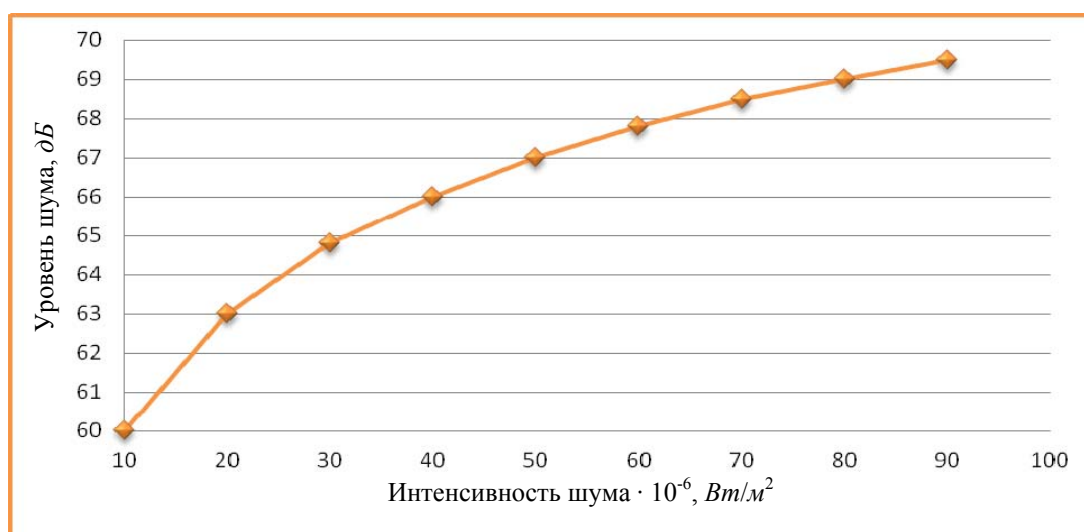


Рис. 4. Зависимость уровня шума от его интенсивности

Кроме интенсивности I , особенности воздействия шума на организм человека определяет характер спектра. Звуки с низкой и высокой частотой кажутся тише, чем среднечастотные той же интенсивности.

В настоящее время проводятся исследования по лубрикации стрелочных переводов и кривых малых радиусов трамвайных путей с целью снижения интенсивности износа пары колесо-рельс, уровня шума и вибраций (конструкции лубрикаторов и смазка). Интенсивность износа пары колесо-рельс при использовании лубрикаторов снижается в 4-6 раз, существенно снижается уровень шума. Исследования, проведённые в г. Остров-Витковица при движении трамвая по кривой радиусом $R = 40$ м, показывают снижение уровня шума, особенно наиболее высоких колебаний звука (характерный визг), на различных участках пути в интервале от 8 до 20 дБ (рис. 5).

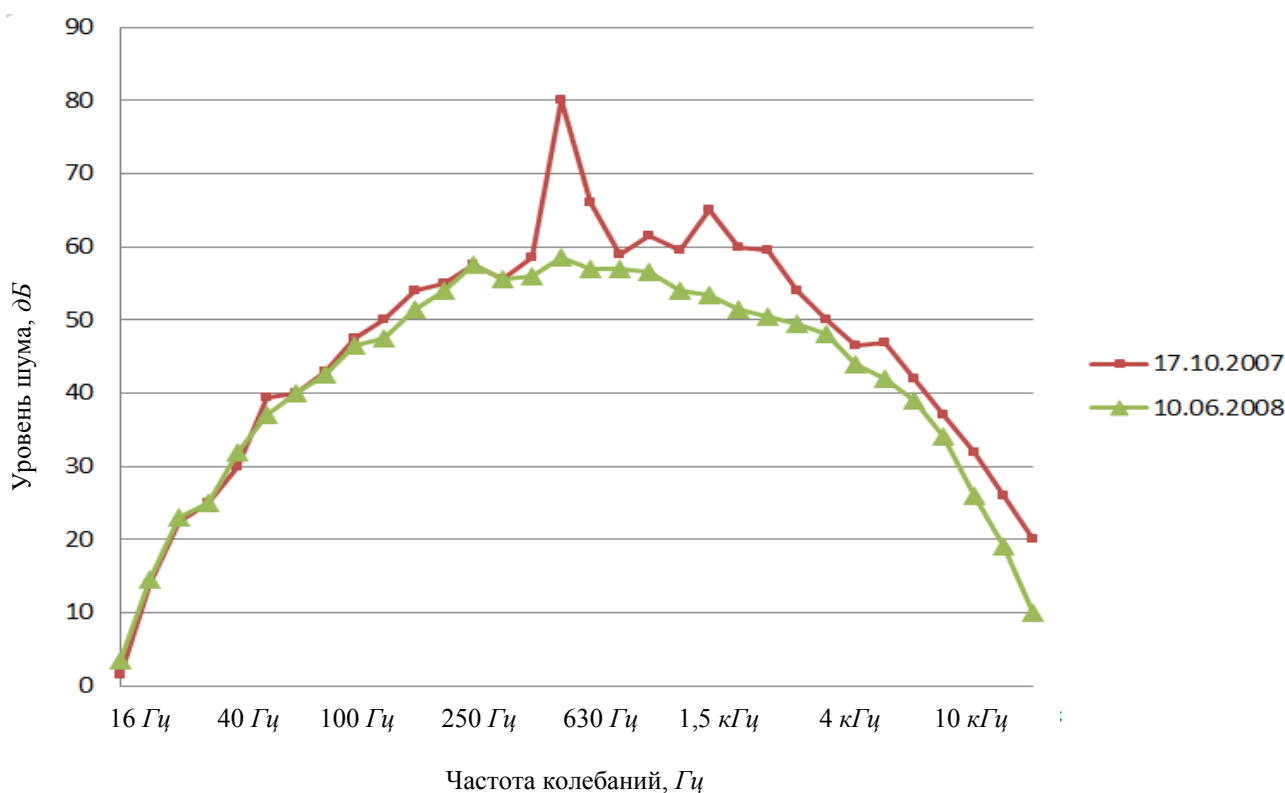


Рис. 5. Уровень шума при движении трамвая по кривой

Испытательной лабораторией ЗАО "Экотранс-Дорсервис" были проведены экспериментальные исследования вибрационного воздействия, обусловленного движением трамваев, в городских условиях. Измерения проводились в г. Санкт-Петербурге на трамвайных линиях с путями, выполненными по старой (Заневский пр.) и новой (Лиговский пр.) технологиям. В табл. 2 представлены уровни среднеквадратичного значения скорректированного виброускорения RMS исследованных участков. На рис. 6 показаны значения усреднённых спектров виброускорения на фундаментах зданий.

**Уровни среднеквадратичного значения корректированного
виброускорения *RMS* исследованных участков**

№ п/п	Расположение точек измерения	Городская улица с путями, выполнен- ными по новым технологиям <i>RMS</i> , дБ	Городская улица с путями, выполнен- ными по старым технологиям <i>RMS</i> , дБ
1	Бортовой камень, 12 м от головки рельса (автотранспорт с учётом проходящих трамваев)	66,1	71,9
2	Фундаментные части здания, 16 м от головки рельса (автотранспорт с учётом проходящих трамваев)	60,8	66,7
3	Допустимые значения виброускорения в жилых помещениях согласно СН 2.2.4/2.1.8.566-96, день/ночь	67/62	67/62

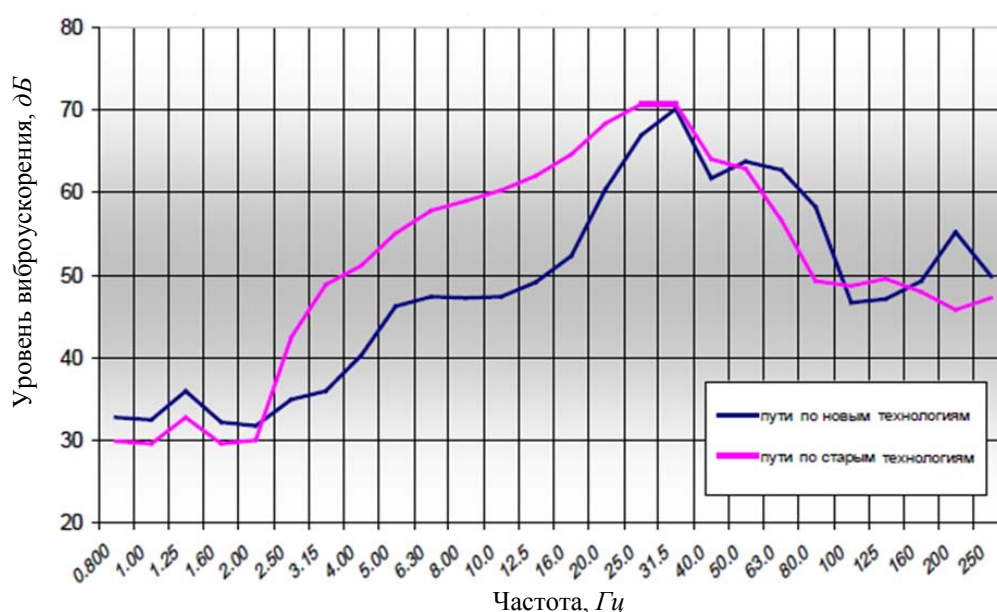


Рис. 6. Усреднённые спектры виброускорения на фундаментах зданий

По результатам эксперимента можно сделать следующие выводы:

1. Трамваи, движущиеся по путям, выполненным по старым технологиям, создают более высокие уровни виброускорения (в среднем на 5-7 дБ), чем при движении по путям, выполненным по новым технологиям.

2. Уровни виброускорения на тротуаре у фундамента и на фундаментных частях отличаются на 2-3 дБ. Следовательно, фундаменты домов обладают определенным виброизолирующим эффектом.

3. Для городских улиц, где трамвайное движение (по выделенной центральной полосе) с интенсивностью 25-36 пар/ч, совмещено с автотранспортным движением с интенсивностью 2200-3500 авт./ч, вибрационное воздействие от трамвая превышает воздействие от автотранспорта и в целом определяется трамваем.

4. Вибрационное воздействие от движения трамваев по путям, выполненным по современным технологиям, на фундаментных частях зданий, расположенных на расстоянии 16 м и более от головки ближайшего рельса, не превышает нормативных уровней как дневного, так и ночного времени.

5. Вибрационное воздействие от движения трамваев по путям, выполненным по старым технологиям, на фундаментных частях зданий, расположенных на расстоянии 16 м от головки ближайшего рельса, превышает нормативные уровни для ночного времени. нормативные уровни для дневного времени выполняются, но без запаса [2].

Выводы

Транспорт является существенной неблагоприятной компонентой состояния окружающей среды. Все виды городского транспорта оказывают влияние на геоэкологическое состояние города и представляют опасность для жизни, здоровья и имущества людей.

Улучшение градостроительства и оптимизация транспортной системы и её инфраструктуры должны быть взаимно связаны и направлены на уменьшение геоэкологических издержек при использовании городского пассажирского транспорта.

Литература

1. *Дудкин Е.П., Султанов Н.Н., Параскевопуло Ю.Г.и др.* Городской рельсовый транспорт: инновационные конструкции трамвайного пути на выделенной полосе // Транспорт Российской Федерации (журнал о науке, экономике, практике). № 4 (47). 2013. С. 51-54.

2. *Марков С.Б., Пименов И.К., Пшенин В.Н.* Исследование вибрационного воздействия, обусловленного движением трамваев в городских условиях // IV Всероссийская научно-практическая конференция с международным участием "Защита от шума и вибрации" 26-28.04.2013. ЗАО "Экотранс-Дорсервис" Санкт-Петербургский государственный морской технический университет. С. 578-596.

3. *СН 2.2.4/2.1.8.566-96.* Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий

4. *СН 2.2.4/2.1.8.562-96.* Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки.