



Т. В. Золиной. – Астрахань : Астраханский государственный архитектурно-строительный университет, 2023. – С. 14–25. – EDN SFLRPB.

20. Купчикова Н. В. Причины длительных деформаций бетона сооружений в природных климатических условиях юга России / Н. В. Купчикова, В. Н. Ланг // Инновационное развитие регионов: потенциал науки и современного образования : материалы VI Национальной научно-практической конференции с международным участием, приуроченной ко Дню российской науки, Астрахань, 08–09 февраля 2023 года / под общ. ред. Т. В. Золиной. – Астрахань : Астраханский государственный архитектурно-строительный университет, 2023. – С. 265–273. – EDN LBJPRS.

© В. С. Федоров, В. Е. Левитский, Д. Р. Асмаловский

Ссылка для цитирования:

Федоров В. С., Левитский В. Е., Асмаловский Д. Р. Планирование эксперимента по оценке огнестойкости сжатых элементов из легкого высокопрочного бетона // Инженерно-строительный вестник Прикаспия : научно-технический журнал / Астраханский государственный архитектурно-строительный университет. Астрахань: ГБОУ АО ВО «АГАСУ», 2025. № 1 (51). С. 23–28.

УДК 699.842; 625.42; 625.46
DOI 10.52684/2312-3702-2025-51-1-28-36

**ВЛИЯНИЕ СОЧЕТАНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ
ОТ НАЗЕМНОГО И ПОДЗЕМНОГО ТРАНСПОРТА
В УСЛОВИЯХ ПЛОТНОЙ ЗАСТРОЙКИ МЕГАПОЛИСА**

Ю. В. Лазуткин

Лазуткин Юрий Викторович, аспирант, Российский университет транспорта (РУТ МИИТ); заместитель директора по городскому наземному электрическому транспорту, Научно-исследовательский и проектный институт городского транспорта города Москвы «МосТранс-Проект», г. Москва, Российская Федерация; e-mail: LazutkinYV@mtp.mos.ru

Выполненный в статье анализ передачи вибраций в окружающее пространство в крупных городах с надземным и подземным транспортом показывает значительное увеличение деформаций строительных конструкций зданий и сооружений, расположенных в зоне влияния. Поставлена цель исследования, включающая оценку комплексного динамического воздействия на здания и сооружения от наземного и подземного городского транспорта. Разработан план проведения экспериментальных научных исследований, характеризующих прохождение динамических волн, определение доминирующих частот, виброскоростей и виброускорений частиц грунта, а также зону влияния для исследований вибрационных нагрузок от городского транспорта под воздействием трех видов транспорта: метрополитена, трамваев и автомобилей, как наименее исследованное сочетание по комплексной транспортной вибрации. Для выбора натурной площадки и проведения эксперимента проведен анализ загруженности транспортных магистралей наземного и подземного транспорта в Москве; были выбраны три наиболее загруженные территории для одновременного замера вибрации от метро, трамвая и автотранспорта по улицам: Краснопрудная, Павелецкая и Бауманская.

Ключевые слова: транспортная вибрация, виды транспорта, метро, трамваи, автотранспорт, план проведения эксперимента, средства механизации, подбор оборудования, трещины в строительных конструкциях.

**INFLUENCE OF COMBINATION OF DYNAMIC EFFECTS
FROM GROUND AND UNDERGROUND TRANSPORT IN CONDITIONS OF DENSE DEVELOPMENT
OF A MEGAPOLIS**

Yu. V. Lazutkin

Lazutkin Yuriy Viktorovich, postgraduate student, Russian University of Transport (RUT MIIT); Deputy Director for Urban Ground Electric Transport, Research and Design Institute of Urban Transport of Moscow "MosTrans-Project", Moscow, Russian Federation; e-mail: LazutkinYV@mtp.mos.ru

The analysis of vibration transmission to the surrounding space in large cities with aboveground and underground transport carried out in the article shows a significant increase in deformations of building structures of buildings and structures located in the zone of influence. The aim of the study is to assess the complex dynamic effects of surface and underground urban transport on buildings and structures. A plan has been developed for conducting experimental scientific research characterizing the passage of dynamic waves, determining the dominant frequencies, vibration velocities and vibration accelerations of soil particles, as well as a zone of influence for studying vibration loads from urban transport under the influence of three types of transport: metro, trams and automobiles, as the least studied combination of complex transport vibration. To select a full-scale site and conduct an experiment, an analysis of the congestion of surface and underground transport highways in Moscow was carried out; three of the busiest territories were selected for simultaneous measurement of vibrations from metro, tram and motor transport along the streets: Krasnoprudnaya, Paveletskaya and Baumanskaya.

Keywords: transport vibration, modes of transport, metro, trams, motor transport, experimental plan, means of mechanization, selection of equipment, cracks in building structures.

Введение

Исследование динамического влияния транспорта на окружающую среду, сооружения и людей является актуальной проблемой с постоянно возрастающей значимостью по нескольким ключевым причинам: рост населения городов приводит к увеличению численности жителей, повышению плотности застройки и, как следствие, возрастанию транспортной нагрузки. Развитие транспортной инфраструктуры, прежде всего строительство новых дорог, железнодорожных линий и метрополитенов, расширяет зону воздействия динамических нагрузок и увеличивает интенсивность движения всех видов транспорта (автомобильного, железнодорожного, трамвайного, метро). Все эти факторы способствуют росту частоты и амплитуды динамического влияния.

Стоит отметить, что возросшие требования к комфорту проживания и работы в зданиях (уровень шума, вибрация) делают проблему динамического воздействия транспорта еще более острой.

Техногенное воздействие транспорта может являться угрозой для исторических зданий и памятников архитектуры, часто расположенных вблизи

транспортных магистралей. Например, в Астрахани в 2008 году трамваи убрали из центральной части города, поскольку вибрация разрушала не только памятники архитектуры, но и жилые дома; трескались стены и осыпалась штукатурка.

Разработка эффективных методов защиты исторических зданий от динамического воздействия транспорта является важной задачей сохранения культурного наследия.

Прогнозная оценка программы развития транспортного комплекса Москвы и Московской области до 2030 года (рельсового каркаса города, увеличение на 88 км новых линий метро и трамвайных на 10,5 км) дает возможность анализа и научного предвидения будущего на основе выявления тенденций и закономерностей изменений.

Интенсивный рост пиковой загруженности всех типов наземного и подземного транспорта в крупных мегаполисах и городах-миллионниках на современном этапе ставит перед учеными и специалистами в области оценки воздействия динамических колебаний и исследования кинематики раскрытия трещин в зданиях, сооружениях новые сложные задачи (рис. 1).

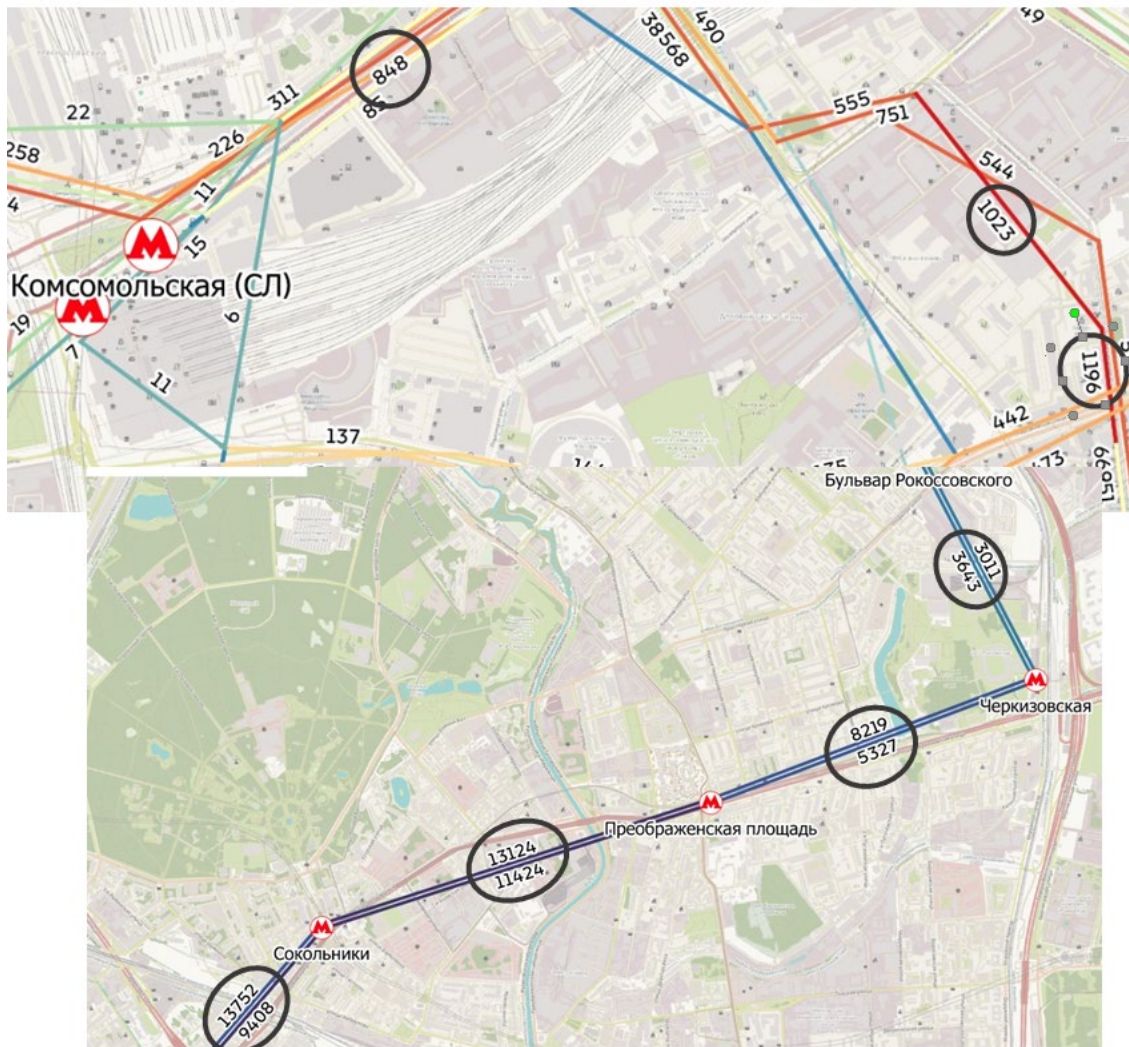


Рис. 1. Загрузка трамвайных (вверху) линий и метрополитена с численностью пассажиров в час-пик

В городских условиях крупных агломераций действия динамических полей от транспортной вибрации приводят к появлению деформаций и раскрытию трещин в строительных конструкциях [2–4, 16–20]. Одним из наиболее затратных направлений исследования является оценка влияния комплексности динамических влияний наземного и подземного транспорта в условиях густой застройки городской территории на раскрытие трещин в несущих строительных конструкциях зданий и сооружений.

Метод

Исследования транспортной вибрации авторы научных работ [1–10] рассматривают как действия, генерируемые отдельными видами транспортного движения поодиночке и в различных комбинациях, а также воздействие динамических полей в грунте на здания и сооружения, находящиеся в зоне влияния. Влияние динамических полей от автомобильного, трамвайного, железнодорожного транспорта и тоннелей метрополитена на подземную часть зданий и сооружений анали-

зируется в основном как воздействие квазидетерминированного процесса, а для выявления собственных частот колебаний отдельных конструктивных элементов сооружений используется спектральный анализ Фурье [3, 12, 13, 17, 18].

Изучение комплекса динамических влияний городского транспорта на близлежащие здания включает в себя следующие методы: экспериментальный (натурные измерения вибрации в метро, фундаменте и здании); теоретический (разработка математической модели распространения вибрации в грунте и здании); численное моделирование (использование программного обеспечения для моделирования динамического поведения здания под воздействием вибрации от трех видов транспорта); статистический анализ (обработка данных измерений для выявления закономерностей и зависимостей).

Основные показатели, характеризующие прохождение динамических волн – доминирующие частоты, виброскорости, виброускорения частиц грунта, также зона влияния (рис. 2).

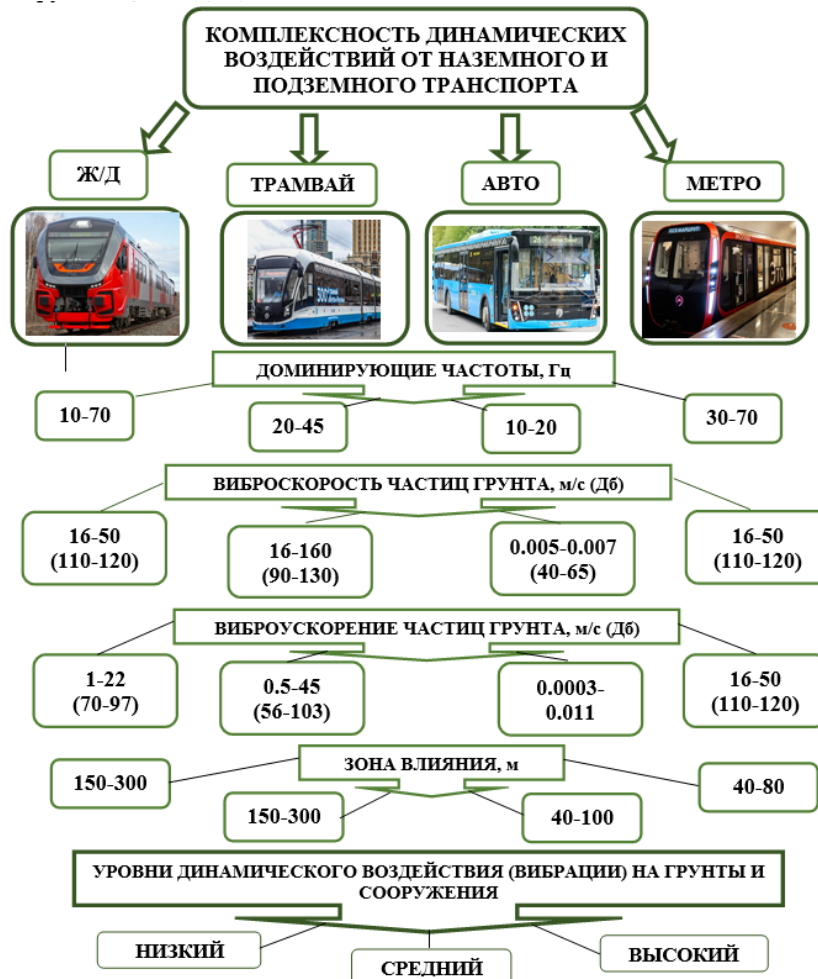


Рис. 2. Основные показатели, характеризующие прохождение динамических волн и уровни динамического воздействия на грунты и строительные конструкции

По данным многочисленных обследований [1–17] установлено, что вибрация верхнего

строения пути, возникающая при движении составов метрополитена, а также наземного же-

лезнодорожного рельсового транспорта, передается через грунт на фундамент зданий и вызывает в их помещениях вибрацию, структурный шум. Вертикальные вибрации возбуждают в основном резонансные колебания перекрытий, а горизонтальные – резонансные колебания стен, что и вызывает структурный шум (гул) в помещениях [3].

Результаты инструментального обследования колебаний поверхности грунта и прогноза уровней вибрации и структурного шума в проектируемых многофункциональных комплексах при движении поездов действующей и перспективной линий метрополитена, а также железнодорожных составов на объектах в центре г. Москвы показывают значительное увеличение виброскоростей продольных и поперечных виброволн [3–15].

Анализ напряженно-деформированного состояния дорожной конструкции показывает, что основное разрушающее воздействие на автомобильную дорогу производят грузовые многоосные автопоезда, движение которых осуществляется с нагрузками, нередко превышающими нормативные.

Вибрации, распространяющиеся от трамвая, перемещаются с увеличением интенсивности движения экипажей, плотности инфраструктурой сети, а также возрастанием площади городской территории, выделенной для организации транспортных магистралей и транспортно-пересадочных узлов, приводят к значительному повышению акустического и вибрационного воздействия на объекты транспортной инфраструктуры и окружающей застройки [2, 3, 5].

В целом исследования в результате обработки измерений [3, 11–13] показывают, что здания, находящиеся в непосредственной близости от напряженных транспортных магистралей, испытывают вибрации, эквивалентные толчкам в сейсмически опасных районах.

Выполнен анализ конструктивно-технологических решений для надземного и подземного транспорта с оценкой применяемых материалов для демпфирования вибраций [1–3, 11, 14, 15]. Распространение зон влияния продольных и поперечных волн составляет от 40 до 300 м (рис. 3).

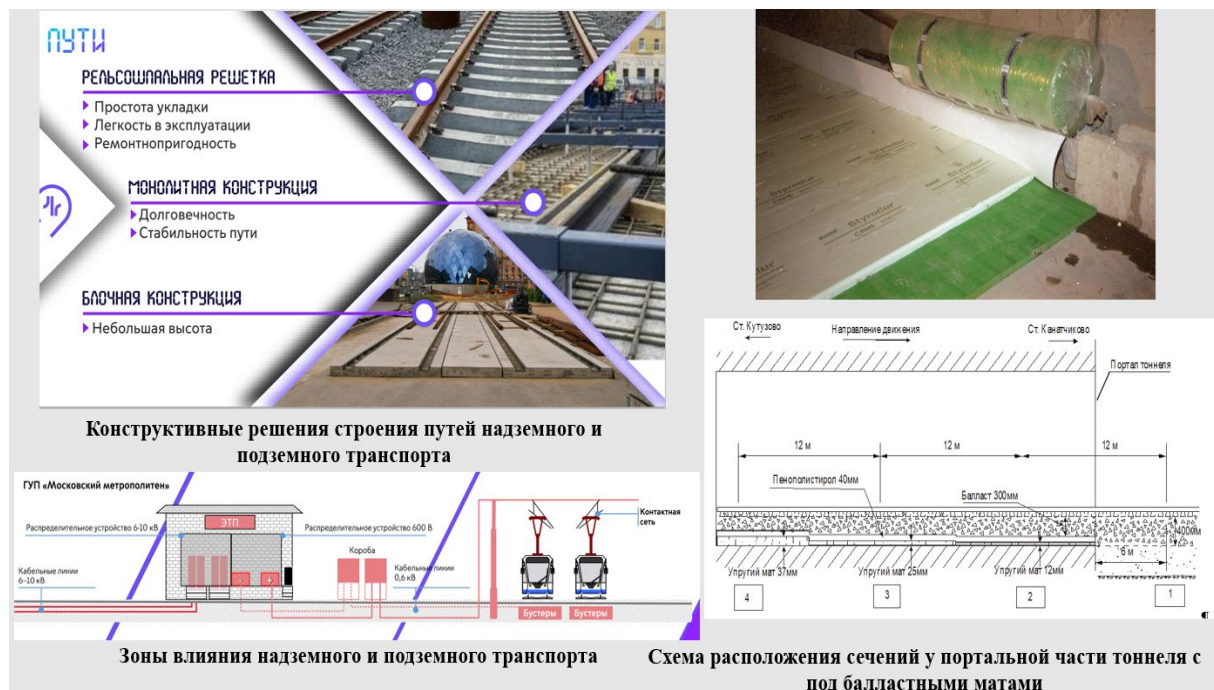


Рис. 3. Анализ конструктивно-технологических решений строения пути и оценка вибродемпфирующих материалов для надземного и подземного транспорта

Зная искомые величины динамического воздействия со стороны транспортных средств на несущие конструкции расположенных рядом с магистралями зданий и сооружений, нормальные перемещения и ускорения точек фундаментов, стен, перекрытий, цокольных элементов, можно подобрать параметры реальных материалов и конструкций, рекомендуемых для гашения акустической и вибрационной нагрузки [1–3, 8–11].

Проведенный анализ научной литературы и изучение проблемы влияния транспортной вибрации на фундаменты и строительные конструкции зданий и сооружений, расположенных в зоне влияния, позволили сформулировать **цель исследования** – оценка комплексного динамического воздействия на здания и сооружения от наземного (трамвай и автомобили) и подземного (метро) городского транспорта.

В рамках поставленной цели будут решены следующие **задачи исследования**:

- 1) анализ результатов исследований по данной тематике, опубликованной в научной литературе;
- 2) подбор виброизмерительного оборудования, предназначенного для измерения виброускорения, виброскорости и размаха виброперемещения с целью проведения экспериментов;
- 3) подготовка обосновывающих материалов для определения состава лабораторных измерений в части виброизоляционного воздействия на объекты Транспортного комплекса города Москвы;
- 4) проведение измерений уровней вибрации от движения трамвая, автобуса и метрополитена в отдельности и одновременно;
- 5) оценка влияния вибрации на основания, фундаменты и перекрытия зданий, расположенных в зоне влияния при одновременном прохождении участка тремя видами транспорта с помощью численного моделирования;
- 6) разработка аналитического метода учета вибрационных воздействий с помощью методики профессора РУТ (МИИТ) Е. Н. Курбацкого, основанной на преобразовании Фурье финитных функций;
- 7) оценка влияния вибрации на фундаменты зданий при одновременном прохождении участка тремя видами транспорта;

8) сравнение полученных результатов с данными аналитических расчетов и численного анализа;

9) выработка рекомендаций по виброзащите фундаментов и строительных конструкций подземной части зданий и сооружений.

Для исследований вибрационных нагрузок от городского транспорта в эксперименте будут рассмотрены воздействия трех видов транспорта – метрополитена, трамвая и автомобилей – как наименее исследованное сочетание по комплексной транспортной вибрации в настоящее время.

В плане проведения натурных испытаний будут рассматриваться действия, генерированные отдельными видами транспортного движения: автомобильного, трамвайного и от метро как в отдельности, так и в сочетаниях, а также действия динамических полей в грунте на фундаменты и перекрытия, расположенных вблизи зданий и сооружений.

Выполнен подбор специализированного оборудования для проведения эксперимента – это анализатор шума и вибрации, регистратор и вибротест (рис. 4).



Рис. 4. Подбор специализированного оборудования для проведения эксперимента

Для выбора натурной площадки и проведения эксперимента был проведен анализ загруженности транспортных магистралей наземного и подземного транспорта в Москве; были выбраны три наиболее загруженные территории для одновременного замера вибрации от метро, трамвая и автотранспорта по улицам: Краснопрудная, Павелецкая и Бауманская.

Разработана программа комплексных натурных испытаний и определено пять точек установки оборудования: в метро, на кровле многоэтажных зданий и на фундаменте в подвале.

На первом этапе эксперимент будет проведен по улице Краснопрудная (рис. 5, 6). По данному

участку проходят восемь маршрутов общественного транспорта. Инженерно-геологический разрез представлен четырьмя основными слоями: первый (мощностью 4 м) техногенный, с влажными и водонасыщенными суглинками, супесями; второй (мощностью 2 м) состоит из иловатых глин и суглинков мягко- и тугопластичных, далее следуют водонасыщенные пылеватые мелкие пески с гравием и галькой от 5 до 8,5 м.

На втором этапе проведения натурных испытаний, по результатам, полученным на первом экспериментальном участке транспортной сети, будет скорректирована программа проведения замеров для определения пиковых временных

значений показателей при одновременном прохождении трех видов транспорта на участках улиц Павелецкой и Бауманской.

Замеры в метро при интенсивности движения на перегоне с 8 до 10 часов утра позволят определить пики в тоннеле и визуально на поверхности

зафиксировать движение трамвая и автотранспорта, а затем определить пиковые пересечения для расчета суммарных транспортных вибраций.



Рис. 5. Схема расположения точек замеров вибрации от наземного и подземного транспорта по ул. Краснопрудная

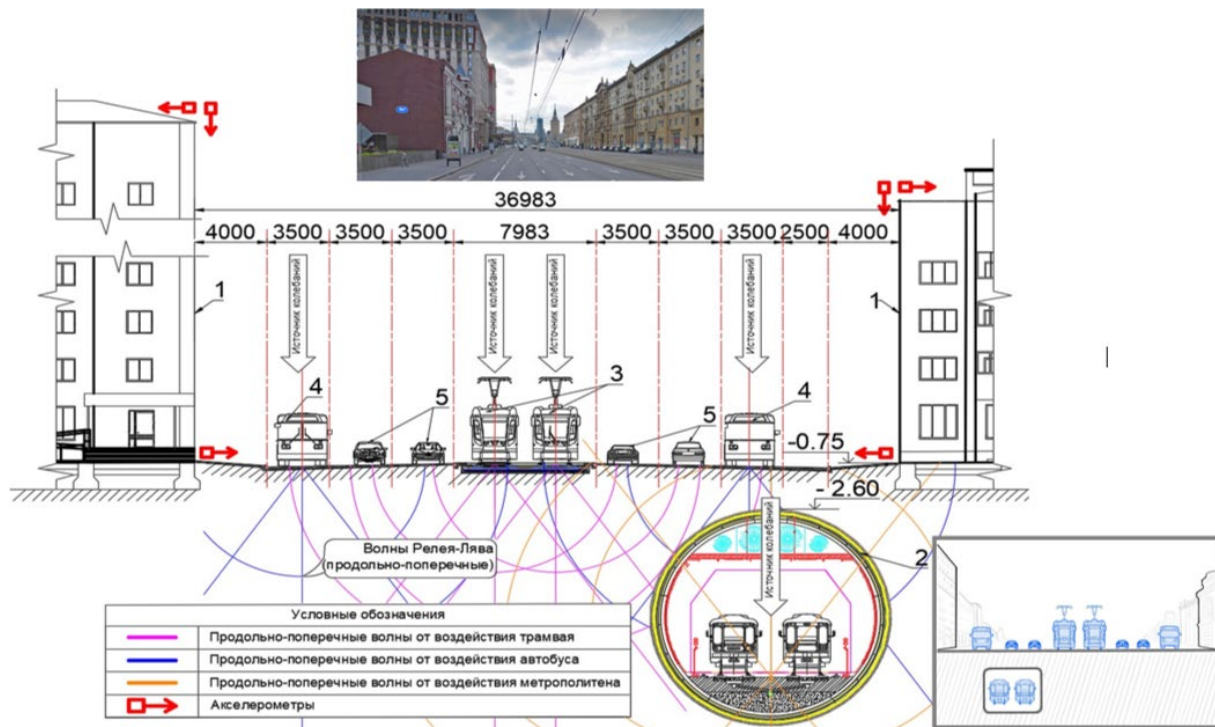


Рис. 6. Разрез А – А (для организации программы проведения комплексных натурных исследований по ул. Краснопрудная)

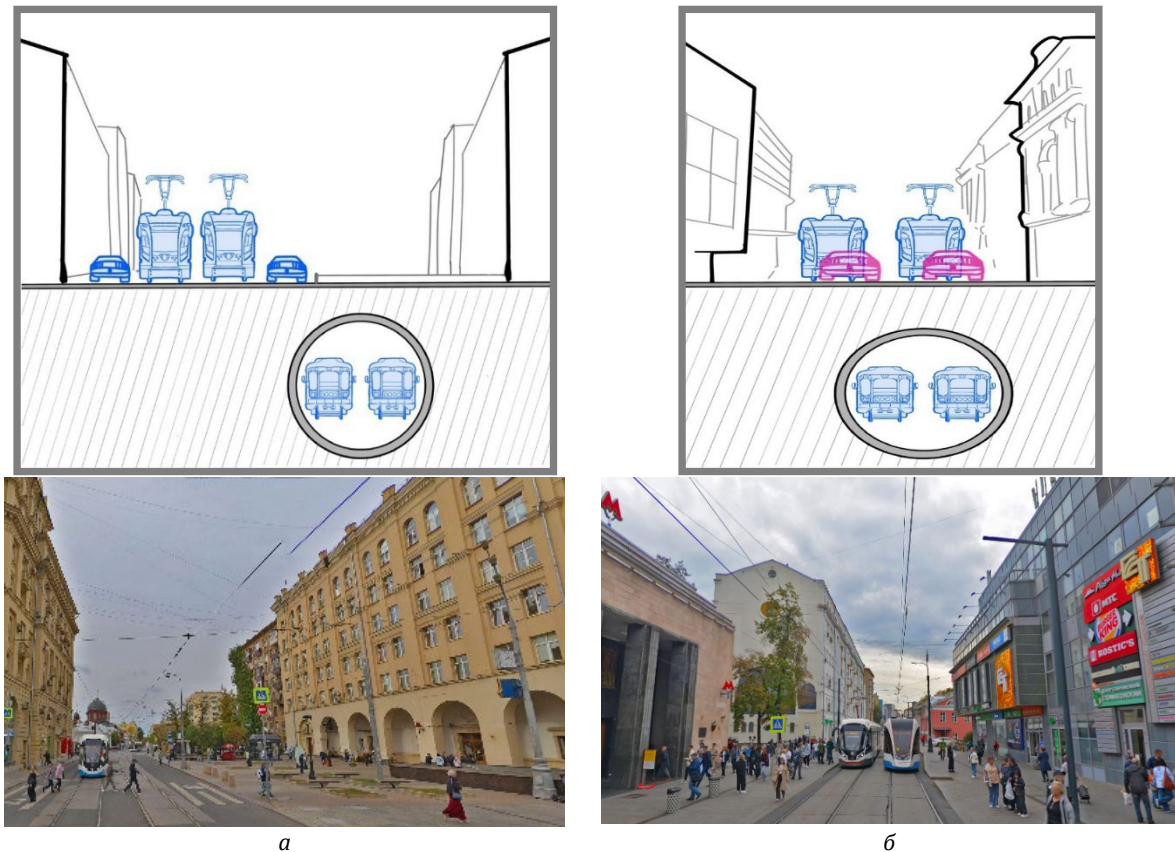


Рис. 7. Фото и схемы расположения точек замеров вибрации от наземного и подземного транспорта: а – по ул. Павелецкой; б – по ул. Бауманской

Заключение

В рамках поставленной цели и задач исследования по оценке комплексного динамического воздействия на здания и сооружения от наземного (трамвай и автомобили) и подземного (метро) городского транспорта разработана методика проведения испытаний, основанная на следующих нормативных документах: ГОСТ 31191.1-2004. «Измерение общей вибрации и оценка ее воздействия на человека. Общие требования»; ГОСТ Р 52892-2007 «Вибрация и удар. Вибрация зданий. Измерение вибрации и оценка ее воздействия на конструкцию»; ГОСТ Р 53964-2010. «Вибрация. Измерения вибрации сооружений. Руководство по проведению измерений»; ГОСТ 31319-2006. «Измерение общей вибрации и оценка ее воздействия на человека. Требования к проведению измерений».

Проведенный анализ существующих методик прогнозирования транспортной вибрации показывает, что исходные параметры колебаний, например, обделки тоннелей принимают в соответствии с рекомендациями ВСН 211-91 «Прогнозирование уровней вибрации грунта от движения метропоездов и расчет виброзащитных строительных устройств». Если значения инструментальных измерений вибрации обделок тоннелей метрополитена будут выражены в дБ, то корректированный уровень определяется по формуле:

$$L_{korr} = 10 \log \left(10^{\frac{L_{16}}{10}} + 10^{\frac{L_{31,5}}{10}} + 10^{\frac{L_{63}}{10}} \right). \quad (1)$$

Вертикальные и горизонтальные составляющие виброскорости на поверхности грунта вычисляются по формуле:

$$v_{1,2}(i) = \sqrt{v_R^2 + v_{1,2l}^2}, \quad (2)$$

где v_R – виброскорость, вызванная волной Рэлея, определяемая по формуле:

$$v_R = v_{max} \cdot \sqrt{\frac{R_0}{H_0}} \cdot \exp(-\beta k_l H_0) \cdot \exp(-\beta k_R x), \quad (3)$$

где β – коэффициент затухания в грунте;

$k_R = \frac{2\pi f}{0.92 c_t}$ – волновое число волны Рэлея;

$v_{1,2l}$ – соответствующие проекции виброскорости, вызванные продольной волной в грунте, вычисляемые по формуле:

$$v_l = \sqrt{\frac{R_0}{x^2 + H_0^2}} v_{max} e^{-\beta k_l \sqrt{x^2 + H_0^2}}. \quad (4)$$

где H_0 – глубина, на которой находится лотковая часть обделки тоннеля; x – удаление от продольной оси тоннеля; R_0 – характерный размер, представляющий собой минимальное из $D/2$ и половины ширины тоннеля; $k_l = \frac{2\pi f}{c_l}$ – волновое число продольной волны в грунте; v_{max} – максимальная величина виброскорости на лотковой части обделки тоннеля.

При расчетах величин вибрации на поверхности грунта требуется определение следующих параметров грунтовых условий в заданном районе:

- плотности грунта в каждом слое ρ ;
- скоростей продольных и поперечных упругих волн c_l c_t и c_t в каждом слое;

- коэффициента затухания β в каждом слое.

Если динамические и диссипативные свойства двух соседних слоев отличаются соответственно менее чем в 1,5 и 2 раза, данные слои объединяются в один с общей суммарной толщиной $h = h_1 + h_2$ и средними скоростями распространения упругих волн и коэффициента затухания:

$$c_{1,t} = \frac{c_{l,t}^1 h_1 + c_{l,t}^2 h_2}{h_1 + h_2}; \quad \beta = \frac{\beta_1 h_1 + \beta_2 h_2}{h_1 + h_2}, \quad (5)$$

где 1, 2 – номер слоя, индексы l и t соответствуют продольным и поперечным волнам.

Будут получены уровни вибрации с корректировкой виброускорений в октавных полосах частот, учитывающих прохождение всех видов транспорта в совокупности и каждого вида в отдельности на трех экспериментальных участках транспортной сети г. Москвы, расположенных по улицам: Краснопрудная, Павелецкая и Бауманская.

Список литературы

1. Золина Т. В. Исследование влияния вибрационных воздействий от автотранспорта на состояние конструкций фундамента жилого здания / Т. В. Золина, Н. В. Купчикова // Инженерно-строительный вестник Прикаспия. – 2019. – № 3 (29). – С. 24–29. – EDN KVZSNG.
2. Территориально-пространственное развитие трамвайной транспортной инфраструктуры Москвы и ее влияние на существующую застройку / В. П. Титов, В. И. Гришин, Н. В. Купчикова, Ю. В. Лазуткин // Инженерно-строительный вестник Прикаспия. – 2024. – № 3 (49). – С. 40–49. – DOI 10.52684/2312-3702-2024-49-3-40-49. – EDN GWIOUT.
3. Экспериментальная динамика сооружений. Мониторинг транспортной вибрации: монография / Е. К. Борисов и др. – Петропавловск-Камчатский : Камчатский государственный технический университет, 2007. – ISBN 978-5-328-00160-1. – EDN QNNCCX.
4. Купчикова Н. В. Проектирование радиальных коммуникационных тоннелей при редевелопменте территорий / Н. В. Купчикова, Ю. В. Лазуткин, Е. Е. Купчиков // Инновационное развитие регионов: потенциал науки и современного образования : материалы VII Национальной научно-практической конференции с международным участием, приуроченной ко Дню российской науки, Астрахань, 09 февраля 2024 года. – Астрахань : Астраханский государственный архитектурно-строительный университет, 2024. – С. 70–78. – EDN AUNVFN.
5. Федоров В. С. Об организации опытно-экспериментальной работы в ходе исследования влияния комплексности вибровоздействий наземного и подземного транспорта на здания и сооружения / В. С. Федоров, Н. В. Купчикова, Ю. В. Лазуткин // Инженерно-строительный вестник Прикаспия. – 2024. – № 1 (47). – С. 95–100. – DOI 10.52684/2312-3702-2024-47-1-95-100. – EDN AVTRYO.
6. Кузнецов А. Н. Снижение уровня транспортной вибрации в кабинах автотракторных средств за счет применения инерционных компонентов в подвеске / А. Н. Кузнецов, О. И. Поливаев // Наука и образование на современном этапе развития: опыт, проблемы и пути их решения для АПК : материалы Международной научно-практической конференции, Воронеж, 30 ноября 2023 года. – Воронеж : Воронежский государственный аграрный университет имени Императора Петра I, 2023. – С. 61–67. – EDN GDGAYI.
7. Ванин В. С. Метод использования переходных функций при оценке транспортной вибрации / В. С. Ванин, Т. Е. Галаган // Строительные и дорожные машины. – 2007. – № 3. – С. 32–35. – EDN NZEEOZ.
8. Локтев А. А. Моделирование воздействия городского рельсового транспорта на окружающую застройку / А. А. Локтев, Д. А. Локтев, Л. А. Илларионова // Транспорт. Транспортные сооружения. Экология. – 2023. – № 1. – С. 52–60. – DOI 10.15593/24111678/2023.01.07. – EDN AKYDVF.
9. Задачи и перспективы развития научных исследований в рамках сотрудничества между ОАО «РЖД» и Российской академией наук / Н. А. Махутов, Б. М. Лапидус, М. М. Гаденин, Е. Ю. Титов // Железнодорожный транспорт. – 2023. – № 7. – С. 6–11. – EDN ZAFGPF.
10. Сычева А. В. Снижение динамического воздействия колеса на рельс применением новой технологии выравнивания рельсовых нитей / А. В. Сычева, А. А. Локтев, В. П. Сычев // Современные проблемы совершенствования работы железнодорожного транспорта : межвузовский сборник научных трудов. – Москва : Российский университет транспорта, 2024. – С. 376–382. – EDN LFDOPN.
11. Ашпиз Е. С. Применение эластомерных подбалластных матов в тоннеле / Е. С. Ашпиз, Е. Ю. Титов, А. В. Гордеев // Путь и путевое хозяйство. – 2023. – № 5. – С. 22–25. – EDN FHYWYA.
12. Метод сейсмоизоляции и виброизоляции, основанный на свойствах изображений Фурье финитных функций / Е. Н. Курбацкий, Е. Ю. Титов, О. А. Голосова, С. С. Харитонов // Academia. Архитектура и строительство. – 2020. – № 1. – С. 102–110. – DOI 10.22337/2077-9038-2020-1-102-110. – EDN WVXJZJ.
13. Курбацкий Е. Н. Оценка влияния поверхностных слоев грунта на параметры спектров максимальных реакций / Е. Н. Курбацкий, А. Ш. Хуссейн // Природные и техногенные риски. Безопасность сооружений. – 2024. – № 1 (68). – С. 47–48. – EDN JDSRBK.
14. Патент № 2696175 С2 Российская Федерация, МПК В60W 10/02, В60W 10/06, В60W 10/11. Способ и система для регулирования шума, вибрации и резкости работы силового агрегата транспортного средства : № 2017143451 : заявл. 12.12.2017 : опубл. 31.07.2019 / А. Д. Ричардс, А. Н. Бэнкер, А. Й. Карник, Д. Э. Роллингер ; заявитель Форд Глобал Текнолоджиз, ЛЛК. – EDN SBIGLN.
15. Авторское свидетельство № 653146 А1 СССР, МПК В60G 25/00. Устройство для защиты от вибрации пользователя транспортным средством : № 2485281 : заявл. 12.05.1977 : опубл. 25.03.1979 / Б. Д. Цвик, Е. Я. Улицкий, Т. Г. Цвик ; заявитель Всесоюзный ордена трудового красного знамени научно-исследовательский институт механизации сельского хозяйства. – EDN QFBVGO.



16. Купчикова Н. В. Экспертиза геоподосновы, оснований и фундаментов: современные приборы и оборудование при проведении экспериментальных исследований и геотехнического мониторинга / Н. В. Купчикова, А. С. Таркин // Инженерно-строительный вестник Прикаспия. – 2021. – № 4 (38). – С. 47–55. – DOI 10.52684/2312-3702-2021-38-4-47-55. – EDN OCRXNE.

17. Золина Т. В. Мониторинг состояния береговых зон и результаты внедрения новых технологий их закрепления на территории Астраханской области / Т. В. Золина, Н. В. Купчикова, Р. И. Шаяхмедов // Каспий и глобальные вызовы: материалы Международной научно-практической конференции, Астрахань, 23–24 мая 2022 года / сост.: О. В. Новиченко и др. – Астрахань: Астраханский государственный университет, 2022. – С. 760–768. – EDN FUGSMP.

18. Купчикова Н. В. Технология реконструкции, санации и капитального ремонта зданий, включая экспертизу геоподосновы, оснований и фундаментов / Н. В. Купчикова. – Астрахань: Астраханский государственный архитектурно-строительный университет, 2019. – 105 с. – ISBN 978-5-93026-077-9. – EDN PWKXHV.

19. Kupchikova N. V. Numerical researches of the work of the pile with end spherical broadening as part of the pile group / N. V. Kupchikova // Building and Reconstruction. – 2019. – № 6 (86). – P. 3–9. – DOI 10.33979/2073-7416-2019-86-6-3-9. – EDN YRHETP.

20. Фильтрационная устойчивость грунтовых перемычек плотин как временных гидротехнических сооружений / В. С. Федоров, Н. В. Купчикова, С. С. Рекунов, И. В. Федосюк // Строительство и реконструкция. – 2024. – № 5 (115). – С. 44–60. – DOI 10.33979/2073-7416-2024-115-5-44-60. – EDN BVHOSI.

© Ю. В. Лазуткин

Ссылка для цитирования:

Лазуткин Ю. В. Влияние сочетания динамических воздействий от наземного и подземного транспорта в условиях плотной застройки мегаполиса // Инженерно-строительный вестник Прикаспия: научно-технический журнал / Астраханский государственный архитектурно-строительный университет. Астрахань: ГБОУ АО ВО «АГАСУ», 2025. № 1 (51). С. 28–36.

УДК 69.01

DOI 10.52684/2312-3702-2025-51-1-36-40

ОЦЕНКА ПРОЧНОСТИ МОНОЛИТНЫХ И СБОРНО-МОНОЛИТНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ БАЛОК С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДИАГРАММНЫХ МЕТОДОВ РАСЧЕТА

П. А. Кайдас, С. Р. Меликсетян, О. О. Коренькова

Кайдас Павел Анатольевич, старший преподаватель кафедры промышленного и гражданского строительства, Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, г. Москва, Российская Федерация, тел.: + 7 (978) 808-12-26; e-mail: KaydasPA@mgsu.ru;

Меликсетян Сергей Романович, преподаватель промышленного и гражданского строительства, Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, г. Москва, Российская Федерация, тел.: + 7 (934) 888-44-00; e-mail: MeliksetyanSR@mgsu.ru;

Коренькова Олеся Олеговна, кандидат биологических наук, доцент кафедры инженерной графики и компьютерного моделирования, Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, г. Москва, Российская Федерация, тел.: + 7 (499) 183-24-83; e-mail: KorenkovaOO@mgsu.ru

В статье рассматривается актуальная проблема оценки прочности сечений железобетонных элементов с учетом действительных диаграмм работы конструкционных материалов изгибаемых элементов. Авторами проанализированы различные подходы к моделированию напряженно-деформированного состояния железобетонных элементов, уделено особое внимание методу нелинейной деформационной модели и полуаналитическому вариационному методу В. З. Власова. В работе представлены результаты, демонстрирующие различия в оценке прочностных характеристик рассматриваемых конструкций, а также особенности их разрушения. Исследование показывает важность выбора модели оценки прочности изгибаемых элементов из сборного, монолитного и сборно-монолитного железобетона при изгибе.

Ключевые слова: железобетонные конструкции, предельное состояние, нелинейная деформационная модель, вариационный метод строительной механики, нормальные трещины, деформирование.

STRENGTH ASSESSMENT OF MONOLITHIC AND PREFABRICATED MONOLITHIC REINFORCED CONCRETE BEAMS USING DIAGRAMMATIC CALCULATION METHODS

P. A. Kaydas, S. R. Meliksetyan, O. O. Korenkova

Kaydas Pavel Anatolyevich, Senior Lecturer of Industrial and Civil Engineering Department, Moscow State University of Civil Engineering, Moscow, Russian Federation, phone: + 7 (978) 808-12-26; e-mail: KaydasPA@mgsu.ru