

УДК 624.131.2:625.7

М. Д. Томанич, А. Н. Тиратуриян

Донской государственный технический университет

АНАЛИЗ ИССЛЕДОВАНИЙ ВИБРАЦИОННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ОТ ТРАНСПОРТНОГО ПОТОКА НА ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫЕ ПОДПОРНЫЕ СТЕНЫ

Проведен анализ современного состояния вопроса оценки и анализа вибрационного воздействия автомобильного транспорта на железобетонные конструкции подпорных стен. Изучен опыт отечественных и зарубежных авторов, рассмотрены нормативные документы и проведено сравнение методик расчета. Сделаны выводы о недостаточной проработанности темы и необходимости дальнейших исследований для повышения точности оценок и разработки эффективных мер защиты конструкций от разрушающих эффектов вибраций.

Ключевые слова: подпорные стены, железобетонные конструкции, транспортная инфраструктура, вибрация, вибрационная нагрузка, оценка вибрационного воздействия.

Введение

За последние полвека наблюдается стремительный рост объемов грузоперевозок автомобильным транспортом, что обусловлено развитием экономики, урбанизацией и повышением мобильности населения. Согласно прогнозам,¹ в будущем данная тенденция сохранится, прирост грузоперевозок автомобильным транспортом только до 2035 г. может составить до 17 %. Это приведет к повышенным нагрузкам на дорожно-транспортную инфраструктуру, в которую входят и подпорные стены (ПС).

Одним из факторов, влияющих на состояние дорожной инфраструктуры, является вибрационное воздействие. Оно делится на природное и техногенное. Автомобильный транспорт служит главным фактором техногенного вибрационного воздействия на дорожную инфраструктуру в период ее нормальной эксплуатации.

Проблема оценки силы воздействия транспортной вибрации на железобетонные ПС и ее влияния на долговечность конструкций является актуальной задачей в области строительства и эксплуатации транспортных сооружений. Для решения этой проблемы необходимо провести ряд исследований и разработать методики, которые позволят эффективно управлять вибрационными нагрузками и обеспечивать долговечность и безопасность ПС.

Основная часть

Цель исследования — провести аналитический обзор работ, посвященных теме оценки вибрационного воздействия автомобильного транспорта на состояние и эксплуатационные характеристики железобетонных ПС.

Согласно СП 381.1325800.2018, ПС — это конструкция, выполняемая для восприятия, горизонтального давления и удержания грунта при перепаде высотных отметок; она может быть самостоятельным сооружением или служить частью объекта капитального строительства.

¹ Об утверждении Транспортной стратегии Российской Федерации до 2030 года с прогнозом на период до 2035 года : распоряжение Правительства Рос. Федерации от 27 нояб. 2021 г. № 3363-р. М., 2021. С. 145—160.

Железобетонные ПС имеют широкую классификацию по различным параметрам, благодаря чему их применение достаточно гибкое и охватывает широкий спектр запросов строительства [1]. Классификация по характеру взаимодействия стены с грунтом позволяет объединить их в три объемные группы: массивные, уголковые и гибкие (рис. 1). Массивные ПС удерживают грунт под действием собственного веса; уголковые удерживают грунт, сопротивляясь сдвигу и опрокидыванию за счет дополнительного пригруза. Гибкие ПС предотвращают смещение и опрокидывание грунта благодаря фиксации и иногда дополнительным крепежным элементам (таким, как распорки, анкеры и др.).

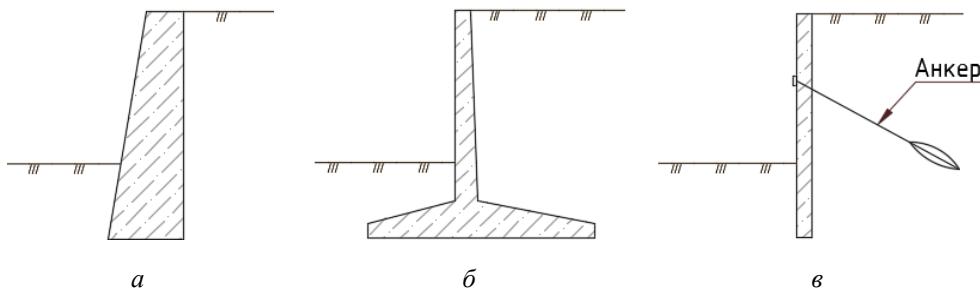


Рис. 1. Примеры конструкций железобетонных ПС:
а — массивная; б — уголковая; в — гибкая (по принципу «стена в грунте»)

Наиболее популярными в дорожном строительстве можно назвать массивные и уголковые ПС, в то время как гибкие применяются в основном при устройстве выработок и котлованов.

Уголковые ПС могут устраиваться с различными системами усиления конструкции, такими как анкеры, контрфорсы, хомуты, обоймы, накладки и другие элементы, обеспечивающие дополнительную прочность и устойчивость сооружения.

Железобетонные ПС устраиваются на различных типах фундаментов, выбор которых определяется высотой конструкции, типом грунта, уровнем подземных вод, климатическими условиями и характером действующих нагрузок. Ленточный фундамент оптимален для глинистых грунтов, а свайный фундамент рекомендуется для слабых грунтов.

Обязательным элементом является дренажная система, которая защищает фундамент от разрушения грунтовыми и дождовыми водами, гидроизоляция погруженных в грунт элементов стены для предотвращения негативного воздействия грунтовой среды. Также стоит отметить обязательность опирания на стабильный слой почвы, что предотвращает просадку и деформацию и обеспечивает стабильность конструкции.

При проектировании ПС требуется проведение расчетов на различные виды нагрузок в зависимости от различных параметров участка строительства, которые разделены на четыре категории:

1. Постоянные нагрузки и воздействия:
 - вес самой стены;
 - давление грунта сзади стены;

-
- реактивное давление грунта спереди стены;
 - влияние веса грунта на поверхности земли, расположенного непосредственно за стеной.
2. Временные длительные нагрузки и воздействия:
- нагрузки от транспортных средств, которые могут находиться длительное время вблизи стены;
 - снеговые нагрузки;
 - гидростатическое давление подземных вод;
 - температурные воздействия.
3. Временные кратковременные нагрузки и воздействия:
- динамические нагрузки от проходящего транспорта;
 - ветровые нагрузки;
 - нагрузки от временных строительных работ поблизости.
4. Особые нагрузки и воздействия:
- сейсмические воздействия;
 - взрывные волны;
 - пожарные нагрузки;
 - иные ЧС, предусмотренные нормативными документами.

При этом временные нагрузки от проходящего транспорта рассчитываются по нормативным нагрузкам: АК — нагрузка, моделирующая воздействие на сооружение транспортного потока, состоящего из автомобилей разного типа; НК — нагрузка, моделирующая воздействие одного транспортного средства с нагрузкой на ось 18 К; СН-1800/200 — специальное транспортное средство, моделирующее многоосные прицепы-тяжеловозы, для транспортирования неделимых промышленных грузов. Здесь К — класс нагрузки. Нагрузку от подвижного состава для ПС следует принимать как НК-14 с нагрузкой 18 К на ось. Схемы нормативных нагрузок для расчета дорожной одежды, земляного полотна, ПС и мостовых сооружений представлены в ГОСТ 32960-20145. Расчет временных нагрузок подробно описан в статье [2].

После определения нагрузок осуществляется проверка условий прочности и устойчивости ПС по двум группам предельных состояний, с учетом приращений горизонтальной и вертикальной составляющих и коэффициентов надежности для временных нагрузок.

Данной методики расчета достаточно для проектирования и строительства, однако, как отмечено в работе [3], в реальных условиях транспортный поток не способен прилагать непрерывное воздействие, поэтому для исследований целесообразнее применять схему нагружения с точечным приложением нагрузки от каждого колеса на ось. Также стоит заметить, что ввод коэффициентов понижает точность расчетов, а игнорирование динамического воздействия не отражает всей картины системы «источник колебаний — грунт — ПС».

Как известно, колебания грунтовой среды, называемые вибрацией, представляют собой сейсмические продольные и поперечные волны [4]. По источнику вибрации можно выделить природную и техногенную вибрацию. Природная вибрация возникает от природных явлений и включает такие виды, как сейсмическая активность (землетрясения, вулканы), атмосферные

явления (ветер, штормы, молния), гидродинамические воздействия (реки, моря, цунами), биологические факторы (животные, растения).

Техногенная вибрация обусловлена деятельностью человека и делится на транспортную (автомобильный, железнодорожный, авиационный транспорт), производственную (станки, строительная техника, промышленное оборудование), энергетику и коммуникации (линии электропередачи, трансформаторы, трубопроводы), строительство и добычу полезных ископаемых (взрывные работы, землеройные машины). В данной статье рассматривается только техногенная вибрация от автомобильного трафика, распространяющаяся исключительно в пространстве грунта.

Сила и скорость распространения вибрации в грунте зависят от его физико-механических характеристик, к которым относятся плотность, пористость, влажность [5], упругость, пластичность и др. [6], и структурных характеристик, таких как, например, наличие слоев с различными свойствами, гранулометрический состав и степень уплотнения. Также распространение вибрации зависит от типа ее колебаний: как отмечено в работе [7], поверхностная вибрация представляет собой *L* (long) волны, состоящие из двух типов волн — волн Лява и Релея. Данный тип волн, в отличие от продольных и поперечных, которые распространяются в массиве грунта, распространяется по поверхности, и скорость его затухания обратно пропорциональна квадрату расстояния, а не кубу, как в случае продольных и поперечных волн. Немаловажным фактором силы вибрации, как отмечено во многих работах, являются тип, скорость и вес транспортного средства, а также качество дорожного полотна и его состояние. В документе ОДМ 218.11.001—2015² рассмотрен вопрос об увеличении динамической нагрузки от автомобильного транспорта на дорожное полотно по мере накопления деформаций, предложена корреляционная зависимость взаимовлияния изменения показателя ровности и коэффициента динамичности и предложена методика ее учета при расчете и моделировании.

В российских нормах и правилах проектирования отсутствуют требования, регламентирующие минимальное расстояние расположения ПС от оси автомобильной дороги, кроме рекомендаций по устройству тротуаров и обеспечению габаритов приближения, обеспечивающих беспрепятственный проезд транспортных средств. Ввиду этого допустимо близкое расположение ПС к дорогам, что подвергает их интенсивным вибрационным нагрузкам. Так, в ранее проводившихся исследованиях [8] распространение колебаний от автомобильного транспорта фиксировалось в пределах 10...15 м; также в работе [6] приведены графики изменения амплитуд колебания поверхности грунта при различных частотах и различных типах грунта, из которых видно, что наибольшие значения амплитуд колебаний вне зависимости от их частоты наблюдаются в пределах до 5 м и кратно снижаются к 10 м.

В ряде стран принятые нормативные документы для нормирования вибрационного воздействия, в России также действует документ такого рода, который берет за основу иностранные данные по допустимому вибрационному

² ОДМ 218.11.001—2015. Методические рекомендации по учету увеличения динамического воздействия нагрузки по мере накопления неровностей и определению коэффициента динамичности в зависимости от показателя ровности. М., 2015.

воздействию³. Также закреплены правила проектирования, предусматривающие защиту зданий от вибрации, генерируемой железнодорожным транспортом. Помимо этого, в ряде нормативных документов отдельно подчеркнуты требования по оценке и защите от значительного вибрационного воздействия, а также закреплены требования по расчету на динамические нагрузки, например в СП 22.13330.2016 и СП 14.13330.2018. Таким образом, можно сказать, что сегодня проблема вибрационного воздействия постепенно решается, однако российские строительные нормы и правила требуют дополнения требований относительно минимальных расстояний размещения инженерных сооружений возле автодорог, поскольку действующие рекомендации недостаточны для защиты объектов от вибраций автотранспорта. Необходимо установить четкие критерии удаленности, соответствующие зарубежному опыту и отечественным исследованиям. Это обеспечит сохранность конструкций, повысит эксплуатационную надежность сооружений и улучшит качество жизни жителей прилегающих районов.

Вопросу влияния вибрации, передаваемой через грунтовую среду от различных видов транспортных средств, посвящено множество работ, и сегодня эта тема не теряет своей актуальности. Большинство работ как в отечественной, так и в иностранной научной сфере рассматривают негативное влияние транспортной вибрации на человека [9—12] и экологию городской среды [13], грунтовую среду [14—16] или жилые здания и их фундаменты [3, 4, 7, 17, 18]; отдельно можно отметить работы, посвященные конструкциям на предприятиях и специальным техническим машинам [19]. Неоднократно в работах подчеркивается проблема отсутствия междисциплинарных исследований данного вопроса, что препятствует комплексному изучению и получению общей картины.

В монографии [20] по теме вибрационного воздействия транспортного потока на здания и сооружения были проведены исследования воздействия трех типов потоков — железнодорожного, автомобильного и трамвайного. Работа включает в себя ряд натурных измерений на базе конструкций (в частности, межэтажных перекрытий ряда сооружений, являющихся в основном памятниками архитектуры), генерированной различными видами транспорта; установлены общие закономерности и взаимосвязи между определяющими параметрами колебаний, а также дана оценка риска превышения вибрацией нормативно допустимых уровней. В ходе анализа результатов измерений авторами были сделаны выводы о незначительной силе колебаний, вызванных автомобильным транспортом, ввиду демпфирования колебаний шинами в широком частотном диапазоне; главным же источником по силе колебаний назван трамвайный и железнодорожный транспорт.

В исследовании [7] производился анализ вибрационного воздействия от автотранспорта на фундамент жилого дома и разрабатывалась методика по снижению вибрационного воздействия на фундаменты зданий. В ходе исследования были проведены натурный и численный эксперименты, после чего их результаты были проанализированы. В заключении к работе авторы пришли к следующим выводам: на величину виброускорения наиболее сильно

³ ISO/TC 108/SC 2. Mechanical vibration and shock. Vibration of buildings. Guidelines for the measurement of vibrations and evaluation of their effects on buildings, 1990.

влияют тип фундамента здания, расстояние от источника вибраций, грунтовые условия и нагрузка на наиболее загруженную ось транспортного средства; выявлена зависимость силы восприятия колебаний от пространственного положения объекта от источника колебаний (перпендикулярное и параллельное); авторами предложена методика выполнения проектных работ для снижения вибрационного воздействия.

В статье [21] исследовалась динамика взаимодействия транспортных средств с перекрытиями подземных пешеходных переходов. В ходе исследования рассматривался уровень скоростей колебаний при проезде одиночного трехосного грузового автомобиля массой 20,5 т со скоростью 30 и 50 км/ч, ударном воздействии на перекрытие и фоновом воздействии. После анализа результатов было установлено, что при проезде грузового автотранспорта возможно возникновение резонансных явлений, особенно при повышенных скоростях. Также отмечено, что максимальные динамические напряжения от воздействия отдельных единиц транспорта не превышают определенных значений, но все равно требуют внимания ввиду возможного роста амплитуд колебаний. В выводе авторы указывают на необходимость капитального ремонта и усиления конструкций подземных пешеходных переходов.

В исследовании [22] производится диагностика и математическое моделирование железнодорожной ПС. Основная цель исследования заключалась в оценке напряженно-деформированного состояния конструкции и выявлении возможных дефектов. Работа включала в себя экспериментальную и расчетную части, были проведены вибродинамические испытания железобетонной ПС и математическое моделирование в программном комплексе «ЛИРА». Полученные результаты позволили сделать следующие выводы: максимальная амплитуда виброускорений ПС при микросейсмических колебаниях и движении поездов не превышает допустимых значений согласно ГОСТ Р 52892—2007, что не должно приводить к осадкам основания стены, а экспериментальные методы неразрушающего контроля и математического моделирования можно использовать для определения текущего состояния железнодорожных ПС.

Для объективной оценки изученности вопроса требуется рассмотреть иностранные научные работы.

Статья [23] посвящена изучению вибраций, генерируемых транспортной инфраструктурой, и их влияния на окружающую среду. Рассматриваются два аспекта воздействия вибрации: негативное влияние на здоровье людей и воздействие на инженерные объекты. Исследуется идентификация динамических воздействий, планирование исследований, создание моделей и проверка их параметров. В ходе исследования авторами были зарегистрированы зоны вибрационного воздействия, проведены экспериментальные замеры колебаний и анализ их характеристик, после чего создавались математические модели вибрационного воздействия в среде MATLAB. Исследователями была предложена методика для оценки вибрационного воздействия на окружающее пространство, с использованием программы математического моделирования методом МКЭ, которая для облегчения интерпретации результатов использует разделение на уровни воздействия (микро-, макро-, локальный и глобальный уровни). Также методика включает в себя таблицу оценки потенциала опасности вибрационного воздействия (рис. 2). Авторами заявляется,

что построение системы оценки динамических воздействий малоприменимо в условиях реальных инженерных сооружений ввиду большого объема вычислений и сложности калибровки модели. Также в выводе приведена альтернатива — метод «черных ящиков»: согласно методике, оценка производится по датчику, установленному в одной точке исследуемой конструкции с максимальным значением среднеквадратичного ускорения, что достаточно для упрощенной оценки вибрационного воздействия. Стоит отметить, что по результатам измерений не было зафиксировано превышение значений допустимого вибрационного воздействия от автомобильного трафика.

	Уровень индикатора, [дБ]								
	-20,0	-6,0	-3,0	0,0	3,0	6,0	12,0	18,0	20,0
Операционные залы									
Больницы / день									
Больницы, санатории / ночь									
Квартиры / день									
Квартиры / ночь									
Офисы, школы									
Мастерские, гаражи и мех. цеха									
	0,1	0,5	0,7	1,0	1,4	2,0	4,0	8,0	10,0
	Модуль отношения амплитуд								

Рис. 2. Шкала потенциала опасности вибрационного воздействия

Работа [24] рассматривает воздействие железнодорожного и автомобильного типа потоков на состояние конструкций жилого здания с использованием экспериментальных методов замеров и численного моделирования. В ходе исследования авторы провели замеры трех составляющих вибрационного воздействия в девяти точках, после чего применили эти данные в трехмерной конечно-элементной численной модели. После анализа и сравнения данных моделирования с данными, полученными в ходе экспериментальных исследований, авторы пришли к следующим выводам:

1. Вибрация от автомобильного трафика может восприниматься людьми, но при этом не способна нанести какой-либо ущерб строительным конструкциям ввиду малой величины амплитуды. Значение амплитуды зависит от характеристик автомобилей, например веса, состояния подвески и колес. Частоты колебаний варьируются в пределах 5...45 Гц с пиками в районе 13 и 40 Гц.

2. Авторами заявлена валидность собственной модели, несмотря на некоторые расхождения, которые они связывают с неоднородностью материала, структурными несоответствиями и несовпадением характеристик швов кирпичной кладки.

3. Наибольшая опасность по результатам исследования присвоена вибрации от железнодорожного транспорта, которая способна вызывать усталостное разрушение.

4. Зоны усиления вибрации подчеркивают важность измерений на окружающем конструкцию грунте для его оценки и, при необходимости, улучшения.

Проанализировав работы, мы можем сделать некоторые выводы:

1. Расчет ПС, хоть и удовлетворяет требованиям безопасности и надежности строительной конструкции, использует в своей основе упрощения и коэффициенты, снижающие точность результатов расчета.

2. Сила вибрационного воздействия от автотранспорта зависит от множества факторов, среди которых скорость, вес и тип транспортного средства; расстояние от точки измерения до оси движения транспортного потока; физико-механические и структурные характеристики грунта в зоне исследования.

Современная российская нормативная база совершенствуется в области оценки вибрационного воздействия, снижения его негативного воздействия на здания и сооружения, однако остается ряд вопросов, нуждающихся в изучении.

Исследования воздействия транспортной вибрации на здания и сооружения остаются актуальными и сегодня. Основное внимание в исследованиях вибрационного воздействия автотранспорта на конструкции как в российской, так и международной науке уделяется городским условиям. Жилые здания чаще всего рассматриваются в качестве основного типа сооружений, подверженных таким нагрузкам от автомобильного трафика. Стоит отметить малое число работ, концентрирующихся на взаимодействии ПС и транспортного потока.

Во многих работах отдельно отмечена проблема отсутствия комплексного многостороннего подхода и должного финансирования, изучение ведется в отдельных направлениях, в то время как требуется создание разносторонних команд исследователей на базе крупных университетов для изучения вибродинамического воздействия от транспортного потока на здания и сооружения различного назначения, в том числе ПС.

Исследования, ввиду ограничения рассматриваемой области, концентрируются на городском транспортном потоке, который не отражает всей специфики состава, плотности и скоростного режима автомобильных дорог общего пользования. В приведенных исследованиях скорость транспортного потока не превышала 50 км/ч [8], а состав потока приводится не во всех из них, несмотря на то что это достаточно важная составляющая при рассмотрении вопроса.

Хотелось бы также предложить схему классификации факторов внешнего воздействия на конструкции железобетонных ПС (рис. 3).

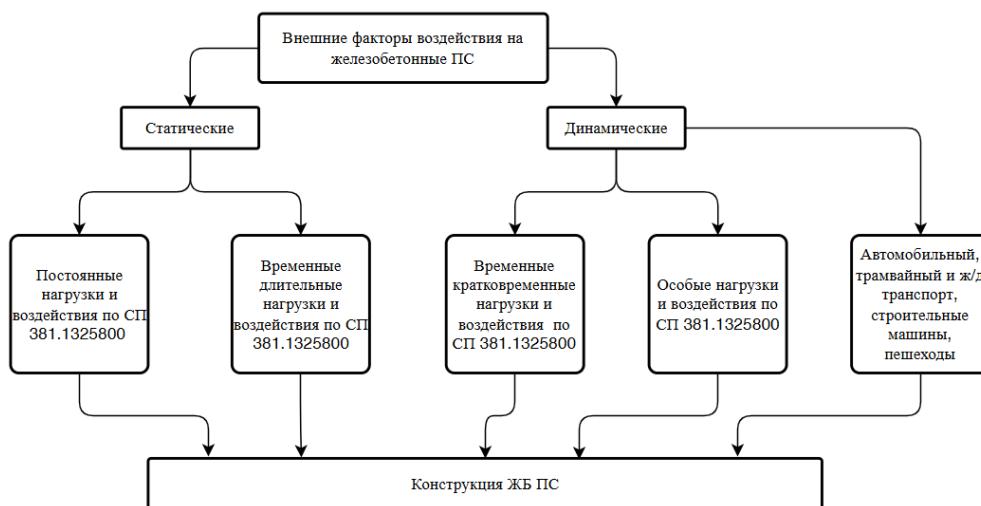


Рис. 3. Классификация факторов внешнего воздействия на железобетонные ПС

Заключение

Несмотря на существующие методики расчета и нормативные документы, необходимы дополнительные исследования для повышения точности оценок и разработки эффективных мер защиты конструкций от разрушающих эффектов вибраций. Проведенный аналитический обзор показал, что проблема оценки вибрационного воздействия автомобильного транспорта на железобетонные ПС является актуальной и требует дальнейшего изучения ввиду отсутствия достаточного объема исследовательской базы. Дальнейшие исследования должны учитывать комплекс факторов, включая особенности дорожного покрытия, интенсивность и состав транспортного потока, характеристики грунта и конструктивные особенности самих стен и их расположения. Эти меры позволяют оценить влияние вибрационной нагрузки на эксплуатационные характеристики и обеспечить надежную эксплуатацию дорожных сооружений.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Семенюк В. Д., Котов Ю. Н. Железобетонные подпорные стены // Вестн. Белорус.-Рос. ун-та. Сер. : Стр-во и архитектура. 2018. № 2. С. 86—100.
2. Давлатов Д. Н. Нагрузки от подвижного состава, действующие на подпорную стену // Актуальные вопросы технических наук : материалы IV Междунар. науч. конф., г. Краснодар, февр. 2017. Краснодар : Новация, 2017. С. 9—13.
3. Шутова О. А., Пономарев А. Б. Численное моделирование вибрационного воздействия автотранспорта на фундаменты зданий // Вестн. ПНИПУ. Стр-во и архитектура. 2018. № 1. С. 93—102.
4. Золина Т. В., Купчикова Н. В. Исследование влияния вибрационных воздействий от автотранспорта на состояние конструкций фундамента жилого здания // Инженер.-строит. вестн. Прикаспия. 2019. № 3(29). С. 24—29.
5. Чунюк Д. Ю., Козьмодельянский В. Г., Коптева О. В. Инженерные изыскания для проектирования фундаментов сооружений вблизи источников вибрационных воздействий // Промышленное и гражданское строительство. 2017. № 10. С. 54—58.
6. Юлдашев Ш. С., Карабаева М. У. Влияние реологических свойств грунтов на уровень вибрации, распространяемой в грунте // Молодой ученый. 2015. № 21(101). С. 228—230.
7. Шутова О. А. Исследование вибрационного воздействия автотранспорта на фундаменты зданий в условиях плотной городской застройки // Вестн. Волгогр. гос. архитектур.-строит. ун-та. Сер. : Стр-во и архитектура. 2013. № 2(27).
8. Локшина Г. П. Техногенное поле вибрации и его воздействие на геологическую среду городских территорий. М., 1987. С. 149.
9. Сапожкова Н. В. Подбор мероприятий по снижению негативного воздействия автотранспорта на городскую среду // Вестн. Волгогр. гос. архитектур.-строит. ун-та. Сер. : Стр-во и архитектура. 2013. № 23(42).
10. Kowalska-Koczwara A. Impact of selected sources of transport vibrations on the perception of vibrations by people in buildings // Vibroengineering Procedia. 2019. Vol. 27. Pp. 88—92. URL: <https://doi.org/10.21595/vp.2019.20997>.
11. Mikielewicz M., Jakubczyk-Galczynska A., Jankowski R. Investigating the effects of ground-transmitted vibrations from vehicles on buildings and their occupants, with an idea for applying machine learning // Appl. Sci. 2025. Vol. 15. P. 1689. URL: <https://doi.org/10.3390/app15041689>.
12. Гусейнова Э. В. Обзор, анализ и методы снижения шумоизлучения транспорта // Науч. журн. молодых ученых. 2021. № 4(25).
13. Vogiatzis K. E., Kouroussi G. Environmental ground-borne noise and vibration from urban light rail transportation during construction and operation // Curr. Pollution. 2017. Rep. 3. Pp. 162—173. URL: <https://doi.org/10.1007/s40726-017-0059-3>.
14. Kouroussis G., Connolly D. P., Verlinden O. Railway-induced ground vibrations — a review of vehicle effects // International Journal of Rail Transportation. 2014. Vol. 2. Iss. 2. Pp. 69—110. URL: <https://doi.org/10.1080/23248378.2014.897791>.

15. *Вихоть А. Н., Лютоев В. А.* Выявление участков опасности осадочно-просадочных процессов в грунтах в условиях выбросейсмического поля урбанизированных территорий (на примере Сыктывкара) // Вестн. Ин-та геологии Коми НЦ УрО РАН. 2017. № 6(270). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vyyavlenie-uchastkov-opasnosti-osadochno-prosadochnyh-protsessov-v-gruntah-v-usloviyah-vibroseysmicheskogo-polya-urbanizirovannyh>.
16. *Шебуняева А. Н.* Обзор результатов исследований влияния колебаний на физико-механические свойства песчаных грунтов // Инженер.-строит. вестн. Прикаспия. 2022. № 3(41). С. 15—22.
17. *Kouroussis G., Mouzakis H. P., Vogiatzis K. E.* Structural impact response for assessing railway vibration induced on buildings // Mechanics & Industry. 2017. Vol. 18. Iss. 8. P. 803. URL: <https://doi.org/10.1051/meca/2017043>.
18. *Повколас К. Э.* Влияние вибродинамических воздействий на здания и сооружения // Эксперт: теория и практика. 2023. № 1(20). С. 111—115.
19. *Бондаренко В. А., Фролова Д. С., Щерба Е. М.* Моделирование вибрационного воздействия при движении транспортных машин в условиях промышленных предприятий // Науковедение. 2017. Т. 9. № 5.
20. Экспериментальная динамика сооружений. Мониторинг транспортной вибрации : моногр. / Е. К. Борисов, С. Г. Алимов, А. Г. Усов, Л. Г. Лысак, Т. В. Крылова, Е. А. Степанова. Петропавловск-Камчатский : Изд-во КамчатГТУ, 2007. 128 с.
21. *Бескопыльный А. Н., Кадомцев М. И., Ляпин А. А.* Методика исследования динамических воздействий на перекрытия пешеходного перехода при проезде транспорта // Инженер. вестн. Дона. 2011. № 4(18).
22. *Клименков О. А., Трофимчук А. Н., Хавкин К. А., Берчун Я. А.* Экспериментальная диагностика и математическое моделирование железнодорожной подпорной стены // Вестн. Белорус.-Пос. ун-та. 2016. № 1. С. 140—148.
23. *Korzeb J., Chudzikiewicz A.* Evaluation of the vibration impacts in the transport infrastructure environment. URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00419-015-1029-0>.
24. *Aykut Erkal.* Interaction of vibrations of road and rail traffic with buildings and surrounding environment. URL: <https://ascelibrary.org/doi/10.1061/%28ASCE%29CF.1943-5509.0001442>.

© Томанич М. Д., Тиратурян А. Н., 2025

Поступила в редакцию
06.10.2025

Ссылка для цитирования:

Томанич М. Д., Тиратурян А. Н. Анализ исследований вибрационного воздействия от транспортного потока на железобетонные подпорные стены // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2025. Вып. 4(101). С. 60—70. DOI: 10.35211/18154360_2025_4_60.

Об авторах:

Томанич Милян Данеевич — аспирант каф. автомобильных дорог, Донской государственный технический университет (ДГТУ). Российская Федерация, 344000, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1; tomanich555@gmail.com

Тиратурян Артем Николаевич — д-р техн. наук, доц., проф. каф. автомобильных дорог, Донской государственный технический университет (ДГТУ). Российская Федерация, 344000, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1; tiratujan@list.ru

Miliyan D. Tomanich, Artyom N. Tiraturyan

Don State Technical University

ANALYSIS OF STUDIES OF VIBRATION EFFECTS FROM TRAFFIC FLOW ON REINFORCED CONCRETE RETAINING WALLS

The analysis of the current state of the issue of assessment and analysis of the vibration effect of motor transport on reinforced concrete structures of retaining walls is carried out. The experience of domestic and foreign authors has been studied, regulatory documents have been reviewed, and

calculation methods have been compared. Conclusions are drawn about the lack of elaboration of the topic and the need for further research to improve the accuracy of estimates and develop effective measures to protect structures from the destructive effects of vibrations.

К e y w o r d s: retaining walls, reinforced concrete structures, transport infrastructure, vibration, vibration load, vibration impact assessment.

For citation:

Tomanich M. D., Tiraturyan A. N. [Analysis of studies of vibration effects from traffic flow on reinforced concrete retaining walls]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura* [Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Civil Engineering and Architecture], 2025, iss. 4, pp. 60—70. DOI: 10.35211/18154360_2025_4_60.

About authors:

Miliyan D. Tomanich — Postgraduate student, Don State Technical University (DSTU). 1, Gagarin Square, Rostov-on-Don, 344000, Russian Federation; tomanich555@gmail.com

Artyom N. Tiraturyan — Doctor of Engineering Sciences, Docent, Don State Technical University (DSTU). 1, Gagarin Square, Rostov-on-Don, 344000, Russian Federation; tiraturjan@list.ru