

Вестник Томского государственного
архитектурно-строительного университета.
2023. Т. 25. № 4. С. 71–83.

ISSN 1607-1859 (для печатной версии)
ISSN 2310-0044 (для электронной версии)

Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo
arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta –
Journal of Construction and Architecture.
2023; 25 (4): 71–83.

Print ISSN 1607-1859
Online ISSN 2310-0044

НАУЧНАЯ СТАТЬЯ

УДК 72.025.4:504

DOI: 10.31675/1607-1859-2023-25-4-71-83

EDN: TNJHBL

ИНЖЕНЕРНЫЕ ВОПРОСЫ РЕСТАВРАЦИИ. ЗАЩИТА ИСТОРИЧЕСКИХ ЗДАНИЙ ОТ НЕГАТИВНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

**Александр Алексеевич Кутуков, Евгения Николаевна Колокольцева,
Лариса Степановна Романова**

*Томский государственный архитектурно-строительный университет,
г. Томск, Россия*

Аннотация. Актуальность исследования обусловлена возрастающими проблемами сохранения историко-культурного наследия России, и в частности города Томска. В статье рассматриваются последствия воздействия транспортных вибраций и блуждающих токов на памятники архитектуры.

Цель статьи: обратить внимание на постоянно действующие в современных условиях источники нарушения конструктивной целостности памятников – транспортные вибрации и блуждающие токи.

Основой настоящей работы стали результаты натурных исследований объекта – памятника архитектуры регионального значения церкви Александра Невского в г. Томске, анализ ситуационного плана города в районе улиц Герцена и Советской, проведенные авторами. Составлена схема защиты памятника от распространения негативных влияний городской среды.

Новизна исследования заключается в выработке конкретных предложений по обеспечению безопасности церкви Александра Невского в г. Томске от вибраций и блуждающих токов, генерируемых трамвайными путями, проходящими в непосредственной близости от объекта.

В результате исследования представлены рекомендации по устранению негативного влияния транспортных вибраций на конструкции памятников архитектуры на примере церкви Александра Невского в г. Томске.

Ключевые слова: памятник истории и архитектуры, сохранение, целостность конструкций, транспортные вибрации, блуждающие токи, негативное воздействие

Для цитирования: Кутуков А.А., Колокольцева Е.Н., Романова Л.С. Инженерные вопросы реставрации. Защита исторических зданий от негативного воздействия окружающей среды // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2023. Т. 25. № 4. С. 71–83. DOI: 10.31675/1607-1859-2023-25-4-71-83. EDN: TNJHBL

ORIGINAL ARTICLE

**ENGINEERING PROBLEMS OF RESTORATION.
PROTECTION OF HISTORIC BUILDINGS FROM NEGATIVE
ENVIRONMENTAL IMPACT**

Aleksandr A. Kutukov, Evgeniya N. Kolokoltseva, Larisa S. Romanova
Tomsk State University of Architecture and Building, Tomsk, Russia

Abstract: The relevance of the study is due to the problem of preservation of historical and cultural heritage of Russia and the city of Tomsk in particular.

Purpose: The aim of the paper is to draw attention to the disturbance of the structural integrity of architectural monuments such as transport vibrations and stray earth currents.

Methodology/approach: Field studies of the architectural monument of the Church of St. Alexander Nevsky in Tomsk; the analysis of the city plan in the area of Gertsen and Sovetskaya Streets; measures proposed for the monument protection from negative influences of the urban environment.

Originality: The paper proposes protection measures for the Church of St. Alexander Nevsky of the regional importance from vibrations and stray earth currents generated by trams moving in the vicinity of the Church.

Practical implications: Recommendations are given for eliminating the negative impact of transport vibrations on architectural monuments on the example of the Church of St. Alexander Nevsky in Tomsk.

Keywords: historical and architectural monument, conservation, structural integrity, transport vibrations, stray earth currents, negative impacts

For citation: Kutukov A.A., Kolokol'tseva E.N., Romanova L.S. Engineering problems of restoration. Protection of historic buildings from negative environmental impact. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture. 2023; 25 (4): 71–83. DOI: 10.31675/1607-1859-2023-25-4-71-83. EDN: TNJHBL

Введение

Актуальность исследования обусловлена возрастающей необходимостью сохранения историко-культурного наследия России, и в частности г. Томска. Наиболее проблематичной является инженерная реставрация. Любое здание или сооружение постоянно подвергается различным воздействиям извне, которые необходимо учитывать. Особенно это касается исторических зданий, окружающая застройка которых производилась во времена, когда некоторых аспектов влияния городской среды ещё не существовало. Если такие параметры среды, как атмосферные осадки, грунтовые воды, ветровые нагрузки и прочее, учитывались при строительстве исторических зданий, то предугадать вероятность появления в городской среде постоянных вибрационных нагрузок или воздействия электрических зарядов было тогда просто невозможно. Стоит учитывать, что для осознания влияния такого воздействия потребовалось ещё много лет. Даже в современном мире упомянутые факторы не всегда принимаются во внимание. Акцент смещён на влияние различных производственных вибраций на организм человека [1, 2, 3] и сейсмических вибраций на конструкции зданий [4, 5]. При этом практически отсутствуют исследования, в которых рассматривается динамика системы «транспортное средство – грунт – охраняемое сооружение», особенно в контексте влияния на памятники архитектуры [6].

Цель статьи: обратить внимание на постоянно действующие в современных условиях источники нарушения конструктивной целостности памятников – транспортные вибрации и блуждающие токи.

Новизна исследования заключается в разработке предложений по обеспечению безопасности церкви Александра Невского в г. Томске, памятника архитектуры регионального значения, от вибраций и блуждающих токов, генерируемых трамвайными путями, проходящими в непосредственной близости от церкви.

С учетом общего физического старения существующих зданий вопросы обеспечения надежности сооружений, связанные с транспортной вибрацией и блуждающими токами, являются сегодня крайне актуальными. Особенно в тех случаях, когда данные воздействия нарушают сложившийся гидрологический режим почвы. Так, транспортная вибрация оказала существенное негативное воздействие на состояние многих памятников истории и культуры, поставив под вопрос само существование литературного некрополя, гостиницы «Бристоль», кинотеатра «Таутоматограф», усадьбы Тулинова – Вигеля в Воронеже; зданий ансамбля деревянного зодчества (11 жилых домов конца XIX – начала XX в.) в Петрозаводске; усадебного дома и музея И.Д. Бурulina в г. Иваново; исторического Каменного моста в центре Калуги; усадьбы «Пехра-Яковлевское» и церкви Рождества Богородицы в селе Никольское-Трубецкое Балашихинского района Московской области и пр. [6, 7].

Исследователи отмечают следующее: «Непоправимый ущерб наносит транспортная вибрация многим историко-архитектурным музеям и заповедникам: Староладожского историко-архитектурного и археологического музея-заповедника, литературно-мемориального музея-усадьбы П.Е. Щербова и Государственного художественно-архитектурного музея-заповедника «Ораниенбаум» в Ленинградской области и Санкт-Петербурге; Елабужского государственного историко-архитектурного и художественного музея-заповедника в Татарстане; Краснодарского государственного историко-археологического музея-заповедника им. Е.Д. Филицына, Новороссийского государственного исторического музея-заповедника в Краснодарском крае; Государственного историко-культурного музея-заповедника «Московский Кремль», музея-усадьбы Л.Н. Толстого «Хамовники», музея-усадьбы «Останкино», Государственного историко-художественного музея-заповедника «Абрамцево», музея-заповедника «Дмитровский кремль» в Москве и Московской области; Тобольского государственного историко-архитектурного музея-заповедника в Тобольской области и пр.» [6, с. 7–9; 7].

Наличие в среде памятника неподконтрольных блуждающих токов выражается в коррозионной агрессивности среды по отношению к металлическим элементам, в том числе к армированию фундаментов, водо- и газонесущим коммуникациям, в насыщении почвенных вод продуктами электролиза с их последующей адсорбцией телом кирпича.

История развития Томского городского транспорта

Первый автомобиль, конструктивно напоминавший самоходную повозку, появился в Томске в 1902 г. Единичный экземпляр этого, не сильно от-

личавшегося по весу от лошадиных упряжей, транспортного средства не оказывал заметных вибраций на здания.

В 1907 г. в Томск прибыл Луиджи Барзини на «Итале» – будущей победительнице ралли Пекин – Париж. Спортивный автомобиль имел колёса, напоминавшие колёса телеги, более привычный руль, отсек для двигателя в передней части и место под двух пилотов. Бóльший вес автомобиля мог оказать более сильные вибрационные воздействия, но их повторяемость не могла быть обеспечена ввиду всё ещё большой редкости представителей нового класса автомобилей.

К 1910 г. в Томске насчитывалось уже 12 частных автомобилей, среди которых были «Даррак» Е.И. Владовского, «Кассери-Торпеда» И.И. Смирнова и «Жермэн» А. Горохова (рис. 1). После октября 1917 г. автомобильные заводы (например, завод Автомобильного Московского общества – АМО) увольняли бывших управляющих инженеров, из-за чего развитие автопромышленности в стране замедлилось на долгие годы. Лишь через пять лет, в 1924 г., с конвейера сошёл первый АМО-Ф15 (копия Fiat 1915 г.). На базе этого автомобиля в стране было начато производство автобусов, пожарных машин, коммерческого транспорта.



Рис. 1. Один из первых авто в Томске в сопровождении велосипедистов. Фото из Центра документации новейшей истории Томской области

Fig. 1. One of the first motor-cars and cyclists in Tomsk. Photograph from the Documentation Centre of Contemporary History of the Tomsk Region

Популяризация легкового транспорта началась в 1927 г. с производства НАМИ-1, чья конструкция была скопирована уже с Tatra-11. В 1928 г. Е. Чудаков отчитался о производстве 20600 автомобилей – ничтожно малом количестве по сравнению с другими странами и в масштабе имевшихся территорий. Действительно «народным» автомобиль станет лишь в послевоенные годы¹.

¹ Автомобильная жизнь России после Великого Октября. URL: <https://www.zr.ru/content/amp/articles/909137-do-osnovaniya-a-zatem/> (дата обращения: 27.06.2023).

История трамваев Томска начинается примерно то же время. В 1948 г. 7 ноября состоялся первый пробный проезд трамвая по маршруту Городской сад – электроламповый завод – пересечение пр. Кирова с улицами Красноармейской и Тверской². Негативное влияние транспортных магистралей на техническое состояние конструкций окружающей застройки резко усилилось в период увеличения числа транспортных средств в конце 1960 – начале 70-х гг. [6].

Транспортные вибрации и блуждающие токи в городской среде

Борьба с шумом и вибрациями имеет в своей основе много общего: в обоих случаях необходимо погасить волны, распространяющиеся в среде, особенно в твёрдом теле. Поскольку большинство транспортных средств, перемещаясь по неоднородному дорожному покрытию, генерируют шум и вибрации различной степени интенсивности, а трамваи имеют также большую непродессоренную массу, то им всем свойственно создание сильного фронта колебательного воздействия на окружающую застройку. Здания, в свою очередь, попадая в вибрационное поле, реагируют в режиме, параметры которого напрямую зависят от внешнего воздействия, чем определяется вероятность и степень повреждений объекта. Это сказывается на техническом состоянии зданий. В результате динамических напряжений появляются трещины и расслоение материалов кладки с образованием внутренних пустот, происходит выкрашивание растворов [6].

Вибрации также ухудшают санитарно-гигиенические условия пребывания людей в зданиях. Различные колебания воспринимаются всем телом человека, но наиболее подверженными им частями являются вестибулярный аппарат, глаза и суставы. Через костную ткань вибрации могут передаваться непосредственно на внутренние органы, вызывая нарушения в функционировании желудка, нервной и эндокринной систем, аритмию сердца. Вибрации, вызванные автомобилями, в среднем относятся к низкочастотным (8–16 Гц)³. Критерии неблагоприятного воздействия вибрационных волн, а также предельно допустимые уровни колебаний ограждающих конструкций для жилых и общественных зданий приведены в ГОСТ 12.1.012–90 «Вибрационная безопасность» и СН 2.2.4/2.1.8.566-96.

В исследованиях вибраций крайне непостоянным остаётся теоретический расчёт колебаний ввиду неравномерности транспортного потока, ограниченных возможностей в оценке жёсткостных характеристик памятников и непредсказуемых отклонений в физических параметрах грунта на протяжении всего расстояния от источника вибраций до здания (рис. 2). По данным некоторых исследований, отклонение теоретических расчетов от фактически измеренных может достигать до 200 %. Поэтому основным способом получения достоверной информации до сих пор является проведение натурных измерений [6] (Алимов, 2006).

² Томский трамвай // Товики. URL: https://towiki.ru/view/Томский_трамвай#:~:text=B%20ноябре%201948%20года%20была,7-го%20ноября%201948%20года (дата обращения: 06.27.2023).

³ Транспортная вибрация // Испытательный лабораторный центр (ИЛЦ), г. Саранск, 2022 г. URL: <https://13.rospotrebnadzor.ru/content/transportnaya-vibraciya> (дата обращения: 15.07.2023).

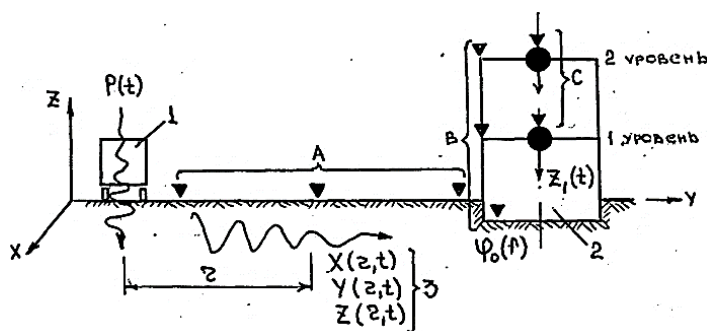


Рис. 2. Физическая модель колебаний:

1 – транспортное средство; 2 – здание; 3 – параметры вибрационного потока. Измерительные системы: А – динамика грунта; В – колебания фундамента и стен; С – колебания перекрытий [6]

Fig. 2. Physical model of vibrations:

1 – vehicle; 2 – building; 3 – vibration flow parameters. Measurement systems: А – soil dynamics; В – foundation and wall vibrations; С – floor vibrations [6]

Недостатки транспортных магистралей приводят к возникновению вибраций, особенно на участках повышенного износа дорожного полотна: поворотах, перекрёстках, участках с движением большегрузного транспорта. Для рельсового транспорта определяющими параметрами являются качество межрельсовых стыков и степень жесткости вагонных амортизаторов. По данным литературных источников отечественных и зарубежных исследователей, усредненные радиусы негативного воздействия транспортной вибрации на основания зданий составляют от движения автотранспорта $\sim 12\text{--}15$ м, трамваев ~ 50 м, поездов $\sim 100\text{--}150$ м [6, 7].

По характеру передачи колебательной энергии на сооружение во всех случаях транспортная вибрация является кинематическим возмущением сооружения, схожим с колебательными процессами при землетрясениях, что позволяет применять знания сейсмологии к защите от низкоамплитудных транспортных вибраций. Частотные диапазоны вибрационного воздействия от автотранспорта в среднем равны: $1\text{--}10$ Гц – для амортизирующих конструкций, $10\text{--}20$ Гц – для шин (зависит от рисунка протектора и грубости дорожного покрытия) и от 50 до нескольких сотен герц – для узлов конструкций. С физической точки зрения любое здание или сооружение является и потребителем, и переносчиком колебательной энергии, зависящей от характеристик самих колебаний, среды распространения, характера контакта среды с сооружением и меры инертности самого сооружения [6]. Таким образом, чем больше вес транспорта, жёстче и грубее поверхность дорожного полотна, плотнее и неподвижнее грунт, жёстче область его контакта со зданием и жёстче связи в самом здании, тем интенсивнее влияние магистрали на конструкции.

Наилучшим передатчиком вибраций является твёрдое и относительно лёгкое тело. Таким передатчиком могут являться асфальтобетонное покрытие и тротуарная плитка на цементно-песчаном основании, устроенные вплотную к конструкции памятника, какое можно наблюдать у церкви Александра Невского в г. Томске.

Перекрёсток улиц Герцена и Советской в г.Томске является примером воздействия ещё одного фактора, оказывающего влияние на интенсивность транспортных вибраций, – массы проезжающего транспорта, а именно трамваев, две линии которых проходят по ул. Советской (рис. 3). В настоящее время существует множество технологий устройства виброподавляющих конструкций трамвайных путей, но ситуация осложняется тем, что трамвайные линии построены в середине прошлого века без учёта интенсивности современных вибрационных нагрузок. Для их реконструкции необходима полная замена шпального и рельсового полотна.

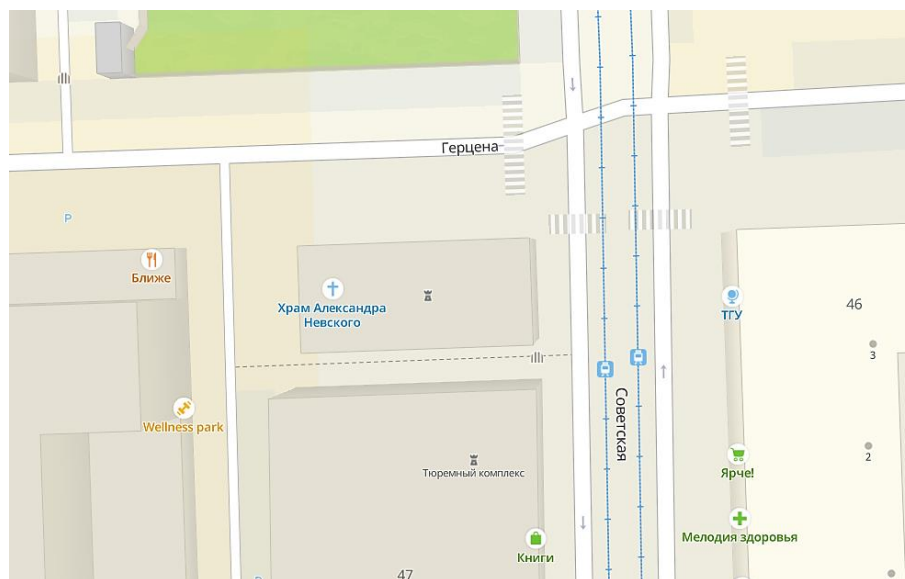


Рис. 3. Ситуационная схема церкви Александра Невского в Томске. Источник 2GIS

Fig. 3. 2GIS map of the Church of St. Alexander Nevsky in Tomsk

Кроме вибрационного трамвайные пути оказывают также и электрохимическое воздействие на конструкции окружающей застройки «блуждающими токами». В системе электропитания трамваев нулевой проводник имеет соединение с рельсами, а фазный находится над путями. Питание осуществляется за счёт тяговых подстанций. Расстояние между подстанциями неизменное, а блуждающие токи появляются из-за искривленности маршрутов. В данном случае заряженные частицы идут по траектории с наименьшим сопротивлением – не через рельсы, а по грунту.⁴ Последствиями их косвенного влияния являются коррозионные повреждения металлоконструкций, ведущие к физическому износу подземных коммуникационных сетей, утечкам газа, воды и нефтепродуктов; помехам в электрических цепях, средствах связи

⁴ Блуждающие токи: причины возникновения и способы защиты от них // Электрик – портал об электричестве. URL: <https://orensbyt.ru/elektrosnabzhenie/bluzhdayushhie-toki-prichiny-vozniknoveniya-i-sposoby-zashhity-ot-nih.html> (дата обращения: 25. 06. 2023); Что такое блуждающий ток? // ЭКС Компания Электрокомплектсервис. URL: <https://www.elektro.ru/articles/priroda-bluzhdayushchikh-tokov-i-zashchita-ot-nikh/> (дата обращения: 27.06.2023).

и т. п. [8] Электризация растворов солей и других химических веществ разностью потенциалов блуждающих токов, способных распределяться по подземным металлическим конструкциям и изделиям на значительные расстояния (в зависимости от напряжения сети, силы и частоты тока), приводит к эффекту «крысолова», когда влага под действием электрического тока направляется вдоль течения зарядов, которые, как правило, ведут к тем или иным зданиям.

Защита от транспортных вибраций и блуждающих токов

Памятник архитектуры регионального значения церковь Александра Невского находится в плотной городской застройке Томска, на пересечении двух дорожных магистралей и трамвайных путей (рис. 4), поэтому подвергается постоянному и интенсивному вибрационному воздействию, не учтенному при строительстве (рис. 5). Поскольку установка подрельсовых вибропоглощающих прокладок в ближайшее время не представляется возможной, то для снижения вибрационного воздействия рекомендуется выполнение ограждающей вибрационной защиты. Защита от вибраций существующих зданий предлагается неинвазивным способом с созданием «вибрационной тени» посредством сети противовибрационных скважин.

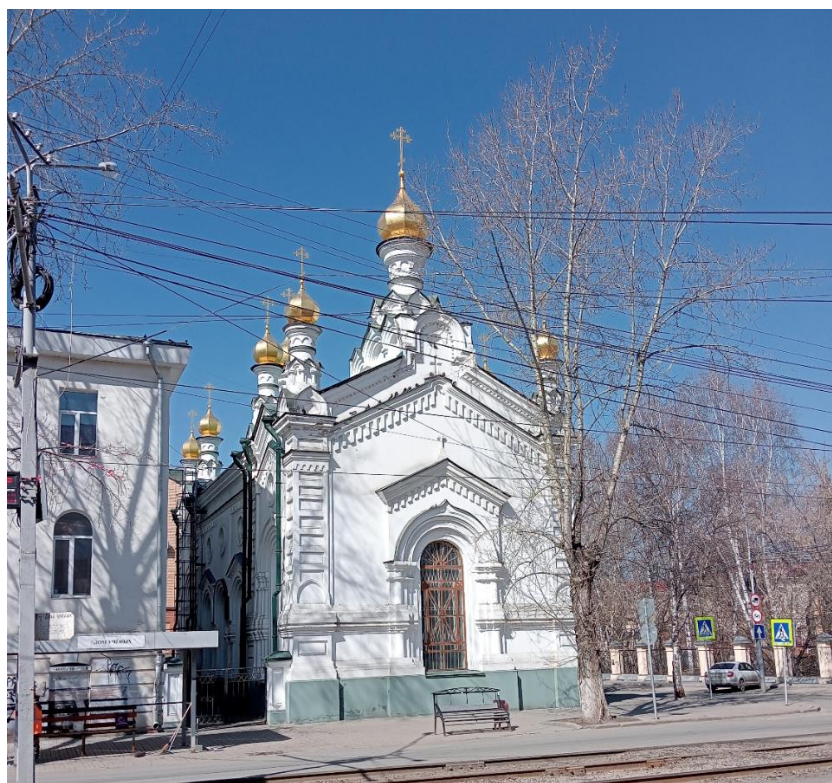


Рис. 4. Восточный фасад церкви Александра Невского. г. Томск, ул. Советская. Фото А. Кутукова, 2023 г.

Fig. 4. The eastern facade of the Church of St. Alexander Nevsky. Tomsk, Sovetskaya Steet. Photograph by Kutukov A., 2023

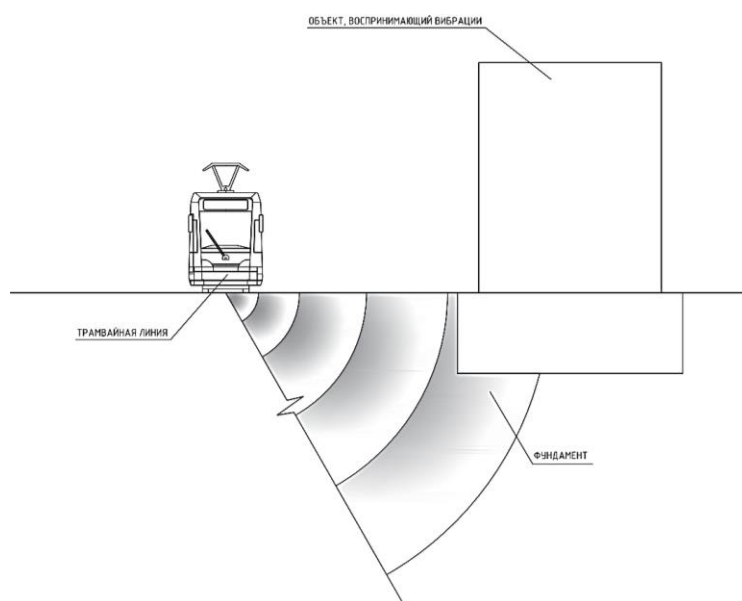


Рис. 5. Схема влияния транспортных вибраций на конструкции зданий. Выполнил А. Кутуков
 Fig. 5. Schematic of transport vibrations. Drawing by Kutukov A.

Для памятника архитектуры, особенно находящегося в стеснённых городских условиях, наиболее щадящим будет выполнение вибрационной защиты скважинного типа, а также ограничение тоннажа автотранспорта на прилегающих улицах. Экран защиты представляет собой два ряда скважин, расположенных в шахматном порядке со стороны источника вибраций (рис. 6).

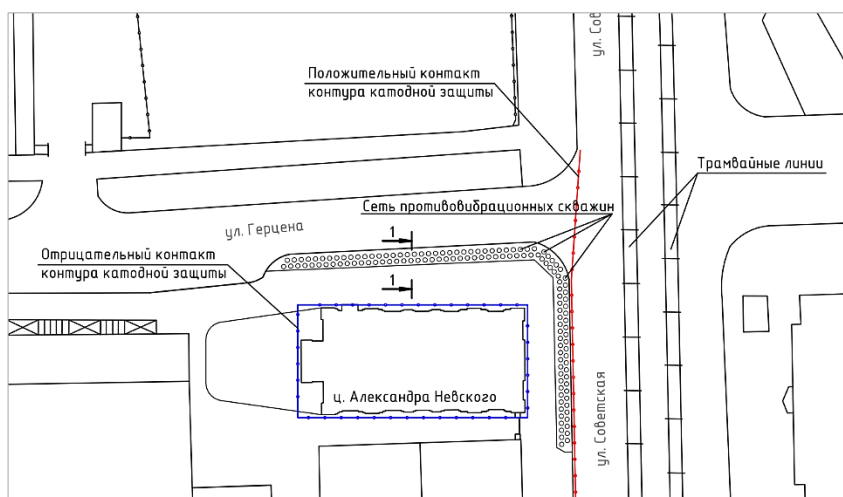


Рис. 6. Схема расположения предлагаемых антивибрационных траншей и контура катодной защиты у церкви Александра Невского в г.Томске. Предложение А. Кутукова, 2023 г.

Fig. 6. Layout of anti-vibration trenches and cathodic protection circuit for the Church of St. Alexander Nevsky in Tomsk. Proposed by Kutukov A., 2023

Согласно техническому решению, скважины заполнены защитным материалом, размещенным в двуслойной эластичной оболочке со смазочным порошковым материалом между слоями [9].

Скважины заполняются смесью легких сыпучих материалов, обеспечивая защиту конструкций от воздействия транспортных вибраций продольного и поперечного типа. Продольные волны, вызывающие сжатие и растяжение грунта за счет релаксации напряжений на контактах частиц, превращают энергию вибраций в тепло, обеспечивая ее эффективное рассеивание в окружающее пространство. Влияние поперечных волн уменьшается благодаря снижению контактного трения и сцепления вдоль боковых поверхностей защитного материала на границе со стенками скважины [9].

Технология устройства экрана из виброзащитных скважин наиболее безопасна для памятника архитектуры, т. к. не создаёт повышенных нагрузок на его конструкции при монтаже и заключается в бурении скважин по одной с укладкой эластичной подготовленной оболочки, засыпкой вибропоглощающим материалом и устройством жёсткого, но не плотного покрытия из бетонных дорожных плит 30×30 см. После этого переходят к монтажу следующей скважины (рис. 7).

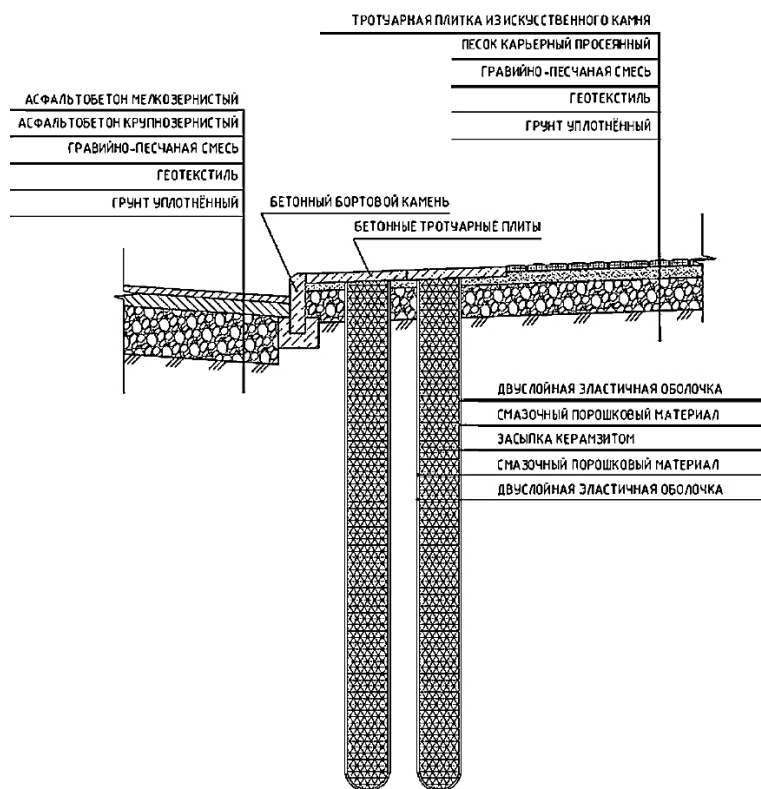


Рис. 7. Разрез 1-1. Устройство антивибрационных скважин у церкви Александра Невского в г. Томске. Предложение А. Кутукова, 2023 г.

Fig. 7. Section 1-1. Arrangement of anti-vibration wells near the Church of St. Alexander Nevskiy in Tomsk. Proposed by Kutukov A., 2023

От вибропоглощающих свойств материала зависят параметры экрана: чем эффективнее материал, тем меньше может быть размер/площадь экрана. Так, песком засыпают скважины шириной свыше 60 см, керамзитом и щебнем – 40–60 см. Использовать старый щебень со следами извести и цемента в качестве засыпки нежелательно, поскольку при насыщении влагой она может образовать комки и сильно уплотниться, что ухудшит защитные свойства экрана.

Влияние блуждающих токов от трамвайных путей на памятники архитектуры можно ликвидировать с помощью катодной защиты. Это способ предотвращения стекания тока в почву или способ создания пути наименьшего сопротивления для зарядов с направлением их в нужную сторону. Необходимо создать благоприятные условия для протекания анодных реакций, а не катодных. Для этого отрицательный полюс источника тока опоясывает защищаемую территорию и пролегающие на ней металлоконструкции, подсоединяется к металлическим водопроводным трубам, а положительный полюс крепится к специальному заземлению – аноду или группе анодов (часто такой анод называют «жертвенным», поскольку он берёт на себя большую часть разрушающего воздействия зарядов). В этом случае ток, ранее протекавший через землю, сможет вернуться к своему источнику. Необходимо также помнить, что пассивной защитой от разрушений блуждающими токами является дополнительное антикоррозийное покрытие металлических конструкций⁵.

Выводы

1. Современные реставрационные инженерные задачи должны включать защиту памятников архитектуры от негативных воздействий, не предусмотренных в период их строительства, – транспортных вибраций и блуждающих токов.

2. При устройстве защиты памятника от транспортных вибраций и блуждающих токов важно сохранять исторические материалы и конструкции, максимально применяя неинвазивные методы. Таким критериям соответствуют предложенные экран виброзащиты скважинного типа и катодная защита периметра памятника.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Давыдова Е.В., Дзюба Ю.М. Особенности факторов риска хронических неинфекционных заболеваний при длительном стаже с производственной вибрацией // Вестник научных конференций. 2021. № 10-1 (74). С. 20–22.
2. Кирсанов В.В. Нормирование и предельно допустимый уровень производственной, транспортной вибрации и вибрации для жилых и общественных зданий // Химия и инженерная экология : сб. докладов XV Всероссийской конференции. Казань : Отечество, 2015. С. 173–175.
3. Вязов А.Е. Классификация и виды производственной вибрации // Студенческий вестник : электронный научный журнал. 2021. № 1 (146). URL: <https://studvestnik.ru/journal/stud/herald/146> (дата обращения: 09.06.2023).
4. Панов А.Б., Дамдинова Д.Р., Ломова Н.М. Инженерно-сейсмическое обследование зданий – памятников истории, архитектуры и культуры Республики Бурятия // Вестник Во-

⁵ Что такое блуждающий ток? // ЭКС Компания Электрокомплектсервис. URL: <https://www.elektro.ru/articles/priroda-bluzhdayushchikh-tokov-i-zashchita-ot-nikh/> (дата обращения: 27.06.2023).

сточно-Сибирского государственного университета технологий и управления, 2016. № 3 (60). С. 18–23.

5. *Белаш Т.А., Альдреби З.А.* Оценка сейсмостойкости архитектурных памятников зодчества на территории Сирии // Природные и техногенные риски. Безопасность сооружений. 2020. № 1 (44). С. 21–25.
6. *Алимов С.Г.* Оценка влияния транспортной вибрации на конструкции зданий – памятников архитектуры : автореферат диссертации на соискание учёной степени кандидата технических наук / Дальневосточный государственный технический университет им. В.В. Куйбышева. Владивосток, 2006. С. 1–28.
7. *Борисов Е.К., Алимов С.Г., Усов А.Г., Лысак Л.Г., Крылова Т.В., Степанова Е.А.* Экспериментальная динамика сооружений. Мониторинг транспортных вибраций. Петропавловск-Камчатский : КамчатГТУ, 2007. 128 с.
8. *Глухарёв Ю.Д., Гладков М.Н.* К вопросу о блуждающих токах при эксплуатации электрифицированного рельсового транспорта : доклад // Неделя горняка-98 : симпозиум. Москва : МГТУ, 1998.
9. *Патент № 52415* Российская Федерация, МПК E02D 31/08 (2006.01). Экран для защиты зданий и сооружений от вибраций : № 2005118573/22 : заявл. 2005.06.15 : опубл. 2006.03.27 / Бобряков А.П., Лубягин А.В. 16 с.

REFERENCES

1. *Davydova E.V., Dzyuba Y.M.* Risk factors of chronic non-infectious diseases in long-term experience in industrial vibrations. *Vestnik nauchnykh konferentsii*. 2021; 10-1 (74): 20–22. (In Russian)
2. *Kirsanov V.V.* Norming and maximum permissible level of industrial, transport, residential and public building vibrations. In: *Proc. 15th All-Russ. Conf. 'Chemistry and Engineering Ecology'*, Kazan, 2015, Pp. 173–175. (In Russian)
3. *Vyazov A.E.* Classification and types of industrial vibration. *Studencheskii vestnik*. 2021; 1 (146). Available: <https://studvestnik.ru/journal/stud/herald/146> (accessed 9 June, 2023). (In Russian)
4. *Panov A.B., Damdinova D.R., Lomova N.M.* Engineering and seismic survey of historical, architectural, and cultural monuments in the Republic of Buryatia. *Vestnik Vostochno-Sibirskogo gosudarstvennogo universiteta tekhnologii i upravleniya*. 2016; 3 (60): 18–23. (In Russian)
5. *Belash T.A., Aldrebi Z.A.* Earthquake resistance of architectural monuments in Syria. *Bezopasnost' sooruzhenii*. 2020; 1 (44): 21–25. (In Russian)
6. *Alimov C.G.* Transport vibration effect on architectural monuments. PhD Abstract. Vladivostok, 2006. Pp.1–28. (In Russian)
7. *Borisov E.K., Alimov S.G., Usov A.G., Lysak L.G., Krylova T.V., Stepanova E.A.* Experimental dynamics of structures. Monitoring of transport vibrations. Petropavlovsk-Kamchatsky, 2007. 128 p. (In Russian)
8. *Glukharev Y.D., Gladkov M.N.* Earth stray currents in operation of electric railway transport. *Proc. Symposium 'Miner's Week'*. Moscow, 1998. (In Russian)
9. *Bobryakov A.P., Lubyagin A.V.* Screen for building protection from vibrations. Patent Russ. Fed. No. 52415, 2006. 16 p. (In Russian)

Сведения об авторах

Кутуков Александр Алексеевич, магистрант, Томский государственный архитектурно-строительный университет, 634003, г. Томск, пл. Соляная, 2, surolk@outlook.com

Колокольцева Евгения Николаевна, ст. преподаватель, Томский государственный архитектурно-строительный университет, 634003, г. Томск, пл. Соляная, 2.

Романова Лариса Степановна, канд. архитектуры, доцент, советник РААСН, член ТРО СА России, заведующая кафедрой РиРАН, Томский государственный архитектурно-строительный университет, 634003, г. Томск, пл. Соляная, 2, lara235@yandex.ru

Authors Details

Aleksandr A. Kutukov, Graduate Student, Tomsk State University of Architecture and Building, 2, Solyanaya Sq., 634003, Tomsk, Russia, suolk@outlook.com

Evgeniya N. Kolokoltseva, Senior Lecturer, Tomsk State University of Architecture and Building, 2, Solyanaya Sq., 634003, Tomsk, Russia.

Larisa S. Romanova, PhD, A/Professor, RAACS Adviser, Tomsk State University of Architecture and Building, 2, Solyanaya Sq., 634003, Tomsk, Russia, lara235@yandex.ru

Вклад авторов

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Authors contributions

The authors contributed equally to this article.
The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 29.06.2023
Одобрена после рецензирования 30.06.2023
Принята к публикации 14.07.2023

Submitted for publication 29.06.2023
Approved after review 30.06.2023
Accepted for publication 14.07.2023