

**Прокопьева Ольга Андреевна**

канд. техн. наук, доцент

ФГБОУ ВО «Уральский государственный

университет путей сообщения»

г. Екатеринбург, Свердловская область

DOI 10.21661/r-585728

## ОБОСНОВАНИЕ МОНИТОРИНГА И ПРИМЕНЕНИЯ МЕРОПРИЯТИЙ ПО УКРЕПЛЕНИЮ ФУНДАМЕНТОВ

**Аннотация:** в статье представлены основы мониторинга состояния фундаментов и обоснование необходимости проведения мероприятий по их укреплению с целью обеспечения долговечности и безопасности сооружений. Анализируются практические подходы к внедрению виброизоляции, вибродемпфирования и динамических амортизаторов для защиты наземных сооружений.

**Ключевые слова:** мегаполис, городская инфраструктура, строительство, линии метрополитена, виброзащитные решения, наземные сооружения.

В современных мегаполисах метрополитен (рис. 1) является неотъемлемой частью инфраструктуры, позволяя жителям быстро перемещаться по городу без необходимости сталкиваться с пробками на дорогах.



Рис. 1. Метрополитен в современных мегаполисах

Эта подземная железная дорога имеет свои уникальные размеры и полностью отделена от других видов транспорта и пешеходных маршрутов, что делает ее идеальным средством для перевозки пассажиров. Несмотря на его эффективность, использование метрополитена также связано с определенными техногенными проблемами. Вибрации от движения поездов могут передаваться на почву, вызывая её усадку и способствуя появлению микротрещин в основаниях зданий, что может привести к звуковому дискомфорту и другим структурным повреждениям.

Колебания и шумовые помехи могут ухудшать здоровье городских жителей. В городах, стремящихся развивать свою метрополитенную сеть, проектировщики пытаются соединить спальные районы с историческими и туристическими зонами через новые линии метро. Это не только способствует формированию стабильного потока пассажиров, но и улучшает экономическую эффективность транспортной системы. Однако развитие подземных путей в исторически значимых районах часто сталкивается с проблемами, поскольку такие территории не всегда подходят для масштабного строительства.

Инженерные подходы, разработанные в различных странах, включают в себя такие технологии, как виброизолирующие подушки, амортизирующие крепления для рельс, и глубокое тоннелирование с использованием технологии ТВМ (рис. 2).

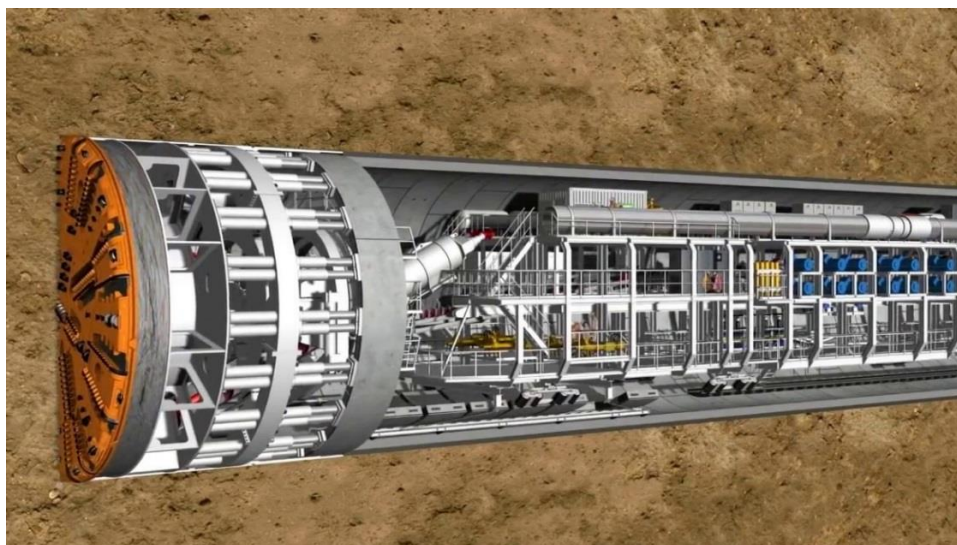


Рис. 2. Проходческий щит

Эти методы направлены на снижение влияния подземных транспортных систем на поверхностные здания. Проблема воздействия метрополитена на здания актуальна не только в таких исторических городах, как Санкт-Петербург, где важно сохранение архитектурного наследия, но и в других больших городах России.

В 1980 году в Екатеринбурге был построен цирк (рис. 3), который с тех пор стал одним из знаковых зданий города.

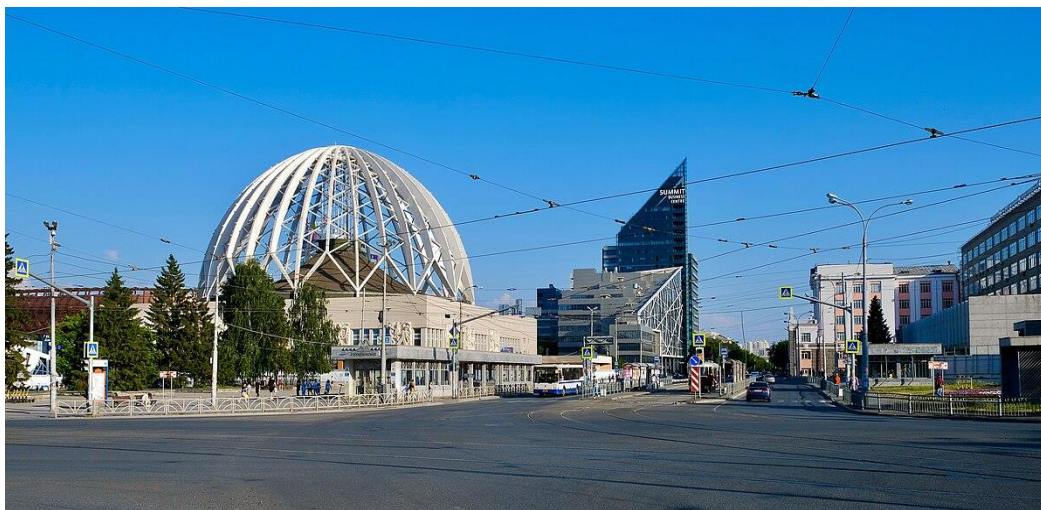


Рис. 3. Екатеринбургский цирк (июнь 2023 г.)

Со временем, однако, здание начало проявлять признаки ухудшения: трещины заметно проступают на стенах и купольной оболочке, а также фиксируется его неравномерная осадка. Из-за того, что значительная часть проектной документации была потеряна за годы, сложно точно установить причины этих проблем. Предполагается, что к ним могли привести ошибки в расчётах нагрузок, недостаточная инженерно-геологическая подготовка и сложные гидрогеологические условия, которые способствовали ослаблению структуры здания.

Эксперты подчеркивают значительное влияние близости метро «Геологическая» на текущую ситуацию. Цирк, который находится возле Исети (рис. 4), страдает от проблем, вызванных водонасыщенными и слабыми почвами.



Рис. 4. Набережная р. Исеть

Вибрации от метро усиливают потерю уплотнения и влаги в почвах. К тому же, откачка воды во время строительства метро привела к понижению уровня грунтовых вод, что вызвало оседание фундамента и появление трещин в структуре. Предлагаемые решения, такие как создание виброизоляционных барьеров, цементирование почвы вдоль метро и установка защит от фильтрации, оказались неэффективными, как подтвердили специалисты.

Исследования показывают, что крупные города продолжают расширять свои метрополитенные системы, несмотря на потенциальные риски для зданий и жителей на поверхности. Это подтверждает, что укрепление фундаментов, таких как создание буроинъекционных свай и инъекционное укрепление оснований, является более предпочтительным решением для защиты важных объектов на поверхности, а не их изоляция от подземных структур. Дополнительно вносятся коррективы в проектные схемы для дальнейшего повышения стабильности и безопасности.

Муниципалитеты придают большое значение сохранению исторического наследия и реализации техногенной безопасности, что подразумевает комплексный подход к рассмотрению проблем. В их работах используются междисциплинарные методы для изучения влияния движения поездов на здания, способность почв выдерживать нагрузки и уровень шума. В рамках инженерных решений представлены усиленные конструкции, включающие своды с заданным давлением, фундаменты с виброизоляцией и рельсы с амортизацией. Также обсуждается необходимость комплекса реконструктивных и мониторинговых работ в

случаях, когда повреждения зданий вызваны не только строительством метро, но и их естественным износом.

### ***Список литературы***

1. Маслак В.А. Малосадочные технологии сооружения метрополитена в историческом центре Санкт-Петербурга / В.А. Маслак, К.П. Безродный, М.О. Лебедев [и др.] // Метро и тоннели. – 2012. – №6. – С. 26–29 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=24108308> (дата обращения: 24.08.2025).

2. Влияние метрополитенских вибрационных нагрузок на колокольную башню в Сиане (КНР) // GeoInfo. – 2022 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=50248933> (дата обращения: 24.08.2025).

3. Исаков А.Л. Применение виброзащитных конструкций подрельсовых оснований на линиях метрополитена для уменьшения влияния вибрации в зданиях / А.Л. Исаков, Ю.П. Смолин // Известия высших учебных заведений. Строительство. – 2017. – №8(704). – С. 5–14 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=30724908> (дата обращения: 24.08.2025).

4. Мухаметшин А.М. Ускоренное геохимическое выветривание при техногенных воздействиях в окрестности тоннелей метро / А.М. Мухаметшин, Ю.П. Вдовин // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2006. – №9. – С. 103–109 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=9496323> (дата обращения: 24.08.2025).

5. Мухаметшин А.М. Разработка и применение геоинформационных систем для контроля состояния объектов строительства / А.М. Мухаметшин, А.Г. Болгаров // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2011. – №4. – С. 165–171 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=17230581> (дата обращения: 24.08.2025).