**«Вибрации, создаваемые поездами метрополитена»**

**Николаева М.А.**

*Ученица 10 В класса ГБОУ Школа №1520 города Москвы*

*E–mail: [marjanickolaeva@yandex.ru](mailto:marjanickolaeva@yandex.ru)*

Увеличение провозной способности транспорта в современных крупных городах невозможно без развития наиболее совершенного вида массового транспорта - метро. Вместе с тем известно, что метрополитен может стать источником повышенного уровня шума и вибрации. Она распространяется по грунту и передаётся на фундаменты зданий, сказываясь как на техническом состоянии зданий, так и на санитарно-гигиенических условиях пребывания в них людей. Для решения соответствующих экологических проблем необходимы измерения фактического уровня вибраций, и его прогнозирование при оценке эффективности мероприятий по виброзащите зданий.

В рамках проектной работы были разобраны основные причины возбуждения механических вибраций при движении поезда по тоннелю трассы метро и приведены некоторые характеристики производимого сигнала.

В целях определения этих характеристик были проведены полевые (натурные) геофизические исследования на одном из холмов рядом со станцией Московского метрополитена “Печатники”, самой мелкой из подземных станций московского метро. Для измерений колебаний грунта на поверхности в зоне станции использовалась аппаратура, предоставленная кафедрой физики Земли МГУ (акселерометр АС-63 и регистратор Дельта-Геон 3М). Запись длилась 40 минут, в ходе которой прибор фиксировал колебания с частотой опроса 250 Гц. Записывалось ускорение грунта по трём взаимно перпендикулярным направлениям: вверх, по ходу поезда горизонтально и перпендикулярно первым двум.

Полученные записи были проанализированы в проектной работе, в том числе с использованием спектрального анализа. Были определены средняя амплитуда колебаний, их длительность и частотный диапазон. Так же рассмотрены основные принципы и виды защиты от шума и вибрации, вызываемых движением поездов метрополитена, приведены данные о применяемых технологиях.

Так как специалистами отмечено, что вибрация оказывает негативное воздействие как на самих работников метрополитена - машинистов, так и на простых пассажиров, в целях оценки воздействия вибрации на последних при помощи средств Google Формы был проведён опрос, позволивший сделать вывод от том, что у некоторых респондентов, совершающих длительные систематические поездки на метро, наблюдается появление дискомфорта, часто выражающегося в ощущении усталости, головных болей и склонности ко сну.

Среди причин возникновения дискомфорта и болевых ощущений можно назвать собственные частоты колебаний внутренних органов и отдельных частей тела человека, их совпадение с частотой вибрации на транспорте, то есть возникновение своеобразного резонанса.

Результаты проведённого исследования основных аспектов вибраций, создаваемых поездами метрополитена, и их анализа легли в основу урока для библиотеки МЭШ, созданного с целью популяризации научных данных и наглядно объясняющего изученные явления.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. «Измерения и анализ вибрации, вызванной движением поездов метрополитена на близлежащие здания и разработка мероприятий по их снижению» И. Е. Цукерников, В. А. Смирнов, НИИ строительной физики РААСН - Учёные записи физического факультета Московского университета, №5, 2017

2. Диссертация «Анализ вибраций, генерируемых линиями метрополитена, и разработка комплекса мероприятий по их снижению», д.т.н. Костарев С.А., ВАК РФ 01.02.06 – Динамика, прочность машин, приборов и аппаратуры; Москва, 2004 – dissercat.ru

3. «Особенности динамических откликов панельных зданий повышенной этажности, подвергающихся воздействию вибраций, вызванных движением поездов метрополитена» Ковальчук О.А., Московский государственный строительный университет, Москва, 2024, автореферат диссертации на соискание учёной степени кандидата технических наук – new-disser.ru

4. СН 2.2.4-2.1.8.566-96. 2.2.4 Физические факторы производственной среды. 2.1.8. Физические факторы окружающей природной среды. Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий. Санитарные нормы» (утв. Постановлением Госкомсанэпиднадзора РФ от 31.10.1996 № 40)

5. Самарская Н.А. Анализ особенностей условий труда и разработка мероприятий по обеспечению безопасности работников метрополитена // Экономика труда. – 2019. – Том 6. – № 3. – С. 1271-1284.

6. Самарская Н.А., Ильин С.М. Исследование условий труда и разработка предложений по регламентации требований безопасности при проведении работ в метрополитене: монография / Самарская Н.А., Ильин С.М. – М.: ПЕРВОЕ ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО, 1010. – 288 с.

7.Биофизика: учебное пособие. Москва, 1996

8. Элементарный учебник физики под ред. акад. Г.С. Лансберга, Том III «Колебания, волны. Оптика. Строение атома», Москва, 1970

9. ФГБУН Институт теоретической и экспериментальной биофизики, материал Алсу Дюкиной, пресс-служба ИТЭБ РАН

10. Сайт транспортного комплекса города Москвы (Департамент транспорта и развития дорожно-транспортной инфраструктуры города Москвы) «Московский транспорт» - transport.mos.ru