

УДК 625.42:534.8:658.5
UDC 625.42:534.8:658.5

ПОРІВНЯЛЬНІ ПОКАЗНИКИ ВІБРОГАСІННЯ СУЧАСНИМИ КОНСТРУКЦІЯМИ КОЛІЇ В ПРОЕКТАХ ПІДТРИМКИ ІНЖЕНЕРНИХ СПОРУД МЕТРОПОЛІТЕНУ

Кульбовський І.І., кандидат технічних наук, Державний економіко-технологічний університет транспорту, Київ, Україна

Агарков О.В., кандидат технічних наук, Державний економіко-технологічний університет транспорту, Київ, Україна

COMPARATIVE INDICATORS VIBRATION DAMPING BY MODERN TRACK DESIGN TO SUPPORT PROJECT ENGINEERING CONSTRUCTIONS OF METRO

Kulbovskiy I.I., Ph.D., State Economy and Technology University of Transport, Kyiv, Ukraine

Agarkov O.V., Ph.D., State Economy and Technology University of Transport, Kyiv, Ukraine

СРАВНИТЕЛЬНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ВИБРОГАСЕНИЯ СОВРЕМЕННЫМИ КОНСТРУКЦИЯМИ ПУТИ В ПРОЕКТАХ ПОДДЕРЖКИ ИНЖЕНЕРНЫХ СООРУЖЕНИЙ МЕТРОПОЛИТЕНА

Кульбовский И.И., кандидат технических наук, Государственный экономико-технологический университет транспорта

Агарков А.В., кандидат технических наук, Государственный экономико-технологический университет транспорта

Сучасний підхід до управління проектами метрополітену являє собою досить складну задачу, оскільки залежить від великої кількості різних параметрів впливу. Для підвищення ефективності роботи метрополітену необхідно виконати аналіз кожного показника його роботи та встановити їх безпосередній вплив на загальну ефективність роботи підприємства.

Розглянемо проект метрополітену – залізнична колія, що розташовується в тунелі. На показники представленого проекту впливають різні фактори, одним з яких є вібрація. Це пов'язано з тим, що вібрації зменшують життєвий цикл інженерних споруд, які випробовують їх дію. Для зменшення їх негативного впливу сучасні конструкції залізничної колії мають дозволяти ефективно гасити вібрації в процесі експлуатації.

Вібрація – пружні механічні коливання високої частоти та малої амплітуди. Вібрації можуть бути як корисними (використовується при вібробурінні) так і шкідливими. При русі поїздів в метрополітені рухомий склад постійно випробовує коливання, що утворюються в результаті його динамічної взаємодії з рейками залізничної колії. Отримані рейками коливання передаються на всі складові їх опор, тобто вібрація передається на шпали, які, в свою чергу, передають їх на елементи оздоблення тунелю та далі поступово передаються в навколишнє середовище.

На рівень вібрацій впливає багато факторів, зокрема – швидкість рухомого складу, навантаження на вісь, конструкція залізничної колії, матеріали та технології оздоблення тунелів.

Оскільки допустимий рівень вібрацій регламентується санітарними нормами [1], то нові конструкції колії та технологія оздоблення тунелів мають забезпечувати зниження вібрації до допустимих норм [2,3].

З метою оцінки вібрацій в метрополітені при використанні сучасних конструкцій колії ДП «Інститут «КІЇВГЕО» були проведені акустичні вимірювання [4] вібраційного впливу поїздів метрополітену на конструкції тунелю на перегоні ст. «Васильківська» – ст. «Голосіївська» Куренівсько-Червоноармійської лінії Київського метрополітену.

На даний час найбільш ефективним методом вимірювання вібрації є спектральний метод, який дозволяє розкласти хвилі, що виникають в різних спектрах. Принцип роботи приладу базується на перетворенні кінематичних параметрів вібрації в електричні, що вимірюються чи фіксуються ним.

При спектральному аналізі в якості результату вимірювань приймають середнє квадратичне значення контрольованого параметра вібрації в октавних або 1/3 октавних смугах (U к), що визначається за формулою

$$U_k = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n U_{ik}^2}$$

де U_{ik}^2 – значення параметра вібрації в k -й октавній або 1/3 октавній смузі при i -му спостереженні;

n - число спостережень.

В роботі в якості опорної величини для встановлення вібрацій обрано віброшвидкості горизонтальних та вертикальних коливань.

Логарифмічні рівні віброшвидкості L_v визначають за формулою:

$$L_v = 20 \lg V / V_0 \text{ (дБ)},$$

де V – абсолютне значення віброшвидкості, м/с

V_0 – опорне значення віброшвидкості, м/с

Для визначення рівня вібрацій використовувався портативний модульний аналізатор акустичних і вібраційних сигналів в реальному часі, віброперетворювач та портативний калібратор. До та після вимірювань проводилося механічне калібрування вимірювального обладнання. Вимірювання проводилися на колії, лотках і внутрішньому оздобленні тунелю (рисунок 1).

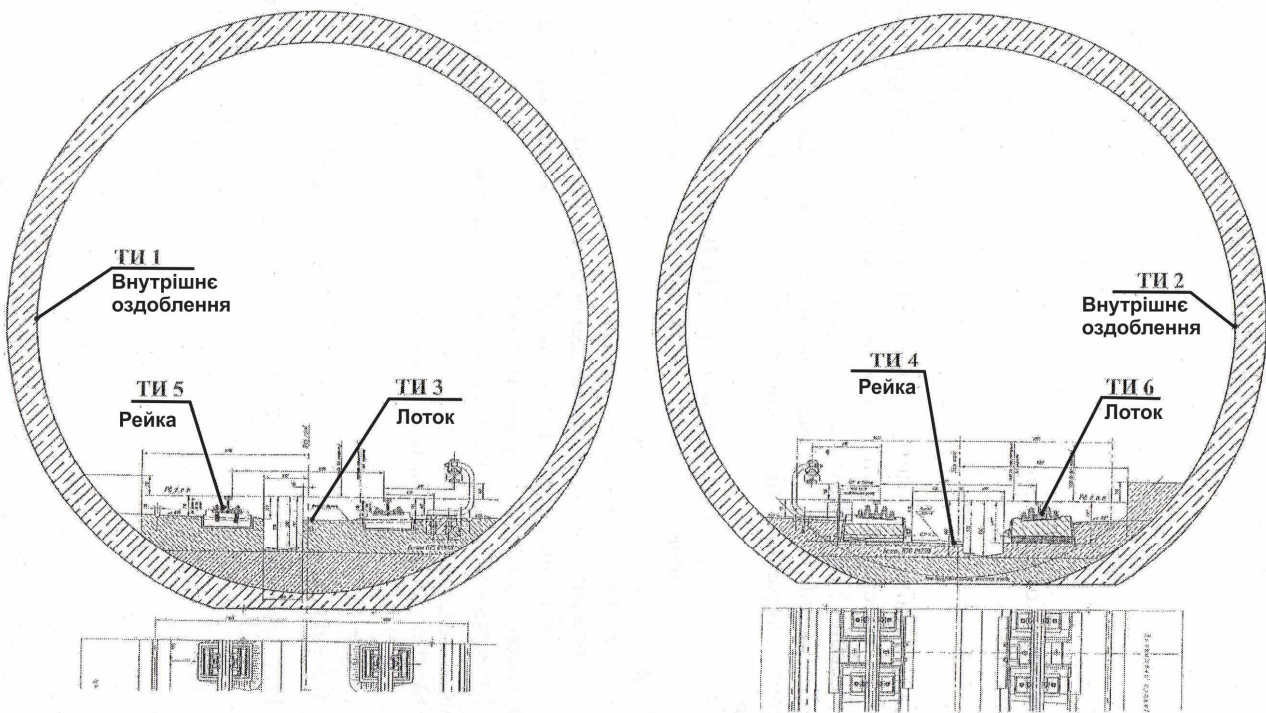


Рисунок 1 – Схема розташування точок вимірювань віброколивань на конструкціях тунелю і колії

Для оцінки рівня вібрацій використовувалися дані вимірювань при проході 20 поїздів. Для кожної ділянки колії визначалися вертикальні та горизонтальні рівні віброшвидкості в 1/3 октавних смугах частотами від 2 до 100 Гц.

В результаті проведених досліджень було визначено середньоквадратичні значення віброшвидкості на лотку та оздобленні тунелю при русі поїздів метрополітену по віброзахисній колії на лежнях та блоках EBS.

Найбільші вібрації виникають в місцях контакту рухомого складу з рейками залізничної колії.

Встановлено, що значення коливань на рейках з лежневою конструкцією колії в діапазоні частот від 2 Гц до 25 Гц вище на 3-18 дБ, ніж для колії на блоках EBS, а в діапазоні частот 50-100 Гц коливання на блоках EBS вище на 1-12 дБ, ніж для колії на лежнях.

Аналіз рівней віброшвидкості на лотках конструкцій, що досліджуються показав їх ефективність в діапазонах 24-61 дБ для колії на блоках EBS та 18-78 дБ для лежневої конструкції колії. При цьому в діапазоні до 25 Гц більш ефективно гасить коливання лежнева конструкція колії, в

діапазоні 63-100 Гц краще гасить коливання колія на блоках EBS. В середньому діапазоні ефективність двох різних конструкцій колії еквівалентна.

Відповідно виміряні показники вібрації на внутрішньому оздобленні тунелю показали, що на низьких частотах краще гасить коливання лежнева конструкція колії, в діапазоні 60-100 Гц – конструкція колії з блоками EBS, в середньому діапазоні ефективність конструкцій колії, що розглядаються, еквівалентна.

Таким чином, результати проведених досліджень не дають можливості зробити однозначний висновок про те, яка з конструкцій колії краще гасить коливання, що виникають в результаті взаємодії рухомого складу з колією метрополітену. Обидві конструкції колії показали високу ефективність при гасінні вібрацій.

Отже, можна зробити висновок про те, що використання сучасних конструкцій залізничної колії як на блоках EBS, так і лежневої конструкції, дозволяють покращити управління проектами в метрополітені та підвищити ефективність роботи підприємства.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. ДСН 3.3.6.039-99. Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації.
2. ДСТУ EN ISO 2631-1:2004. Вібрація та удар механічні. Оцінка впливу загальної вібрації на людину. Частина 1. Загальні вимоги.
3. ДСТУ EN ISO 2631-2:2004. Вібрація та удар механічні. Оцінка впливу загальної вібрації на людину. Частина 2. Вібрація в будівлях.
4. Звіт про проведення акустичних вимірювань вібраційного впливу потягів метрополітену на конструкції тунелю на перегоні ст. «Васильківська» – ст. «Голосіївська» Куренівсько-Червоноармійської лінії Київського метрополітену. – Київ. – 2011р. (Ru)

REFERENCES

1. SDS 3.3.6.039-99. Public health standards of the production of general and local vibration.(Ukr)
2. DSTU EN ISO 2631-1:2004. Mechanical vibration and shock — Evaluation of human exposure to whole-body vibration – Part 1: General requirements.(Ukr)
3. DSTU EN ISO 2631-2:2004. Mechanical vibration and shock — Evaluation of human exposure to whole-body vibration – Part 2: Vibration in buildings.(Ukr)
4. Report of an acoustic vibration measurements subway trains in the tunnel construction on the stretch between st. "Vasilkovskaya" - st. "Golosevskaya" KyivMetroBud Kiev Metro. - Kyiv. - 2011. (Ru)

РЕФЕРАТ

Кульбовський І.І. Порівняльні показники віброгасіння сучасними конструкціями колії в проектах підтримки інженерних споруд метрополітену / І.І. Кульбовський, О.В. Агарков // Вісник Національного транспортного університету. Науковий журнал: в 2 ч. Ч. 1: Серія: „Технічні науки” – К. : НТУ, 2014. – Вип. 14.

В статті розглянуті результати вимірювань вібрацій на елементах колії та метрополітену під час проходження рухомого складу. Зроблено висновок про ефективність віброгасіння.

Об’єкт дослідження – інженерні споруди метрополітену.

Мета роботи – провести аналіз отриманих експериментальних даних вимірювань вібрацій на коліях київського метрополітену, порівняти різні конструкції колії за показником гасіння вібрацій від рухомого складу.

Метод дослідження – аналіз експериментальних даних вимірювань вібрацій.

Вібрації являють собою серйозну небезпеку для інженерних споруд, оскільки їх вплив скорочує строк служби останніх. Для підвищення ефективності роботи метрополітену необхідно використовувати такі конструкції колії, які будуть найбільш ефективні за кожним із показників. Проведений аналіз експериментальних вимірювань показав, що обидві сучасні конструкції колії, що розглядаються, дозволяють забезпечити прийнятні показники віброгасіння. Отже, для з’ясування, яка з конструкцій, що розглядаються, є кращою, необхідно провести додаткові вимірювання за іншими показниками.

Результати статті можуть бути використані для обґрунтування застосування представлених конструкцій колій в інженерних проектах метрополітену.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: МЕТРОПОЛІТЕН, ПРОЕКТ, ЖИТТЄВИЙ ЦИКЛ, АКУСТИЧНІ ВИМІРЮВАННЯ, МОДУЛЬНИЙ АНАЛІЗАТОР, ПОРТАТИВНИЙ КАЛІБРАТОР, ВІБРОПЕРЕТВОРЮВАЧ, КОЛІЯ, ТУНЕЛЬ.

ABSTRACT

Kulbovskiy I.I. Comparative indicators vibration damping by modern track design to support project engineering constructions of metro / I.I. Kulbovskiy, O.V. Agarkov // Visnyk National Transport University. Science journal: In Part 2. Part 1: Series: "Technical sciences" - Kyiv: NTU, 2014. - Vol. 14.

The article deal with the results of measurements of vibrations on track and metro elements during the rolling stock. The conclusion about the effectiveness vibration dumping.

Object of study – metro engineering structures.

Purpose of the study – to analyze the experimental data on vibration measurements Kiev metro tracks, compare different lines constuction in terms of vibration of rolling stock.

Method of the study – analysis of experimental data measuring vibrations.

Vibrations are a serious threat to engineering structures as their impact reduces the service life of the latter. The efficiency of underground structures to use such tracks that will be most effective for each of the indicators. The analysis of experimental measurements showed that both modern design lines can provide acceptable performance of vibration damping. So to determine which of the designs is better it is necessary to conduct additional measurements with other indicators.

The results of the article can be used to justify the use of the presented designs tracks in engineering projects underground.

KEY WORDS: METRO, A PROJECT, LIFE CYCLE, ACOUSTIC MEASUREMENTS, MODULAR ANALYZER, PORTABLE CALIBRATOR, VIBRATOR INVERTER, TRACK, TUNNELS.

РЕФЕРАТ

Кульбовский И.И. Сравнительные показатели виброгашения современными конструкциями пути в проектах поддержки инженерных сооружений метрополитена / И.И. Кульбовский, А.В. Агарков // Вестник Национального транспортного университета. Научный журнал: в 2 ч. Ч. 1: Серия: „Технические науки” – К. : НТУ, 2014. – Вип. 14.

В статье рассмотрены результаты измерений вибраций на элементах пути и метрополитена при прохождении подвижного состава. Сделан вывод об эффективности виброгашения.

Объект исследования – инженерные сооружения метрополитена.

Цель работы – провести анализ полученных экспериментальных данных измерений вибраций на путях киевского метрополитена, сравнить конструкции пути по показателю гашения вибраций от подвижного состава.

Метод исследования – анализ экспериментальных данных измерений вибраций.

Вибрации представляют собой серьезную опасность для инженерных сооружений, поскольку их влияние может сократить срок службы последних. Для повышения эффективности работы метрополитена необходимо использовать такие конструкции пути, которые будут наиболее эффективны по каждому из показателей. Проведенный анализ экспериментальных измерений показал, что обе рассматриваемые современные конструкции пути позволяют обеспечить приемлемые показатели виброгашения. Поэтому, для выяснения, какая из рассматриваемых конструкций является лучше, необходимо провести дополнительные измерения по другим показателям.

Результаты статьи могут быть использованы для обоснования использования представленных конструкций путей в инженерных проектах метрополитена.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: МЕТРОПОЛІТЕН, ПРОЕКТ, ЖИЗНЕННИЙ ЦИКЛ, АКУСТИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ, МОДУЛЬНИЙ АНАЛІЗАТОР, ПОРТАТИВНИЙ КАЛІБРАТОР, ВІБРОПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ, ПУТЬ, ТОННЕЛЬ.

АВТОРИ

Кульбовський Іван Іванович, кандидат технічних наук, доцент кафедри будівельних конструкцій і споруд Державного економіко-технологічного університету транспорту, email: kulbovskiy@bigmir.net, тел. +380679305928, Україна, 03049, м. Київ, вул. Лукашевича 19, к. 208П

Агарков Олександр Володимирович, кандидат технічних наук, доцент кафедри теоретичної та прикладної механіки Державного економіко-технологічного університету транспорту, email: agarcov@ukr.net, тел. +380443836397, Україна, 03049, м. Київ, вул. Лукашевича 19, к. 802

AUTHOR

Kulbovskiy Ivan I., Ph. D., associate professor, department of building structures and facilities State Economy and Technology University of Transport, email: kulbovskiy@bigmir.net, tel. +380679305928, Ukraine, 03049, Kyiv, Lukashевича str. 19, of. 208P

Agarkov Oleksandr V., Ph. D., associate professor, department of theoretical and applied mechanics State Economy and Technology University of Transport, email: agarcov@ukr.net, tel. +380443836397, Ukraine, 03049, Kyiv, Lukashевича str. 19, of. 802

АВТОРЫ

Кульбовский Иван Иванович, кандидат технических наук, доцент кафедры строительных конструкций и сооружений Государственного экономико-технологического университета транспорта, email: kulbovskiy@bigmir.net, тел. +380679305928, Украина, 03049, г.. Киев, ул. Лукашевича 19, к. 208П

Агарков Александр Владимирович, кандидат технических наук, доцент кафедры теоретической и прикладной механики Государственного экономико-технологического университета транспорта, email: agarcov@ukr.net, тел. +380443836397, Украина, 03049, г.. Киев, ул. Лукашевича 19, к. 802

РЕЦЕНЗЕНТИ

Вербицкий В.Г., доктор фізико-математичних наук, професор, Державний економіко-технологічний університет транспорту, професор кафедри теоретичної та прикладної механіки, Київ, Україна.

Савенко В.Я., доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри будівництва та експлуатації доріг Національного транспортного університету, Київ, Україна.

REVIEWER

Verbitskiy V.G., Ph.D., Engineering (Dr.), associate professor, State Economy and Technology University of Transport, professor, department of theoretical and applied mechanic, Kyiv, Ukraine

Savenko V.Y., Ph. D., associate professor, National University, professor, head of department of road construction and maintenance, Kyiv, Ukraine.