

УДК 678.4:539.3

DOI: <https://doi.org/10.15407/geotm2019.144.137>

ВІБРОЗАХИСТ ЖИТЛОВИХ БУДИНКІВ ВІД ДИНАМІЧНОГО ВПЛИВУ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ

¹Булат А.Ф., ²Кобець А.С., ¹Дирда В.І., ³Мар'єнков М.Г., ¹Лисиця М.І.,
¹Агальцов Г.М., ⁴Немченко В.В.

¹Інститут геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова НАН України, ²Державний аграрно-економічний університет, ³ДП «Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій», ⁴ВАТ «Монодит»

ВИБРОЗАЩИТА ЖИЛЫХ ДОМОВ ОТ ДИНАМИЧЕСКОГО ВЛИЯНИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

¹Булат А.Ф., ²Кобець А.С., ¹Дырда В.И., ³Марьенков Н.Г., ¹Лисиця Н.И.,
¹Агальцов Г.Н., ⁴Немченко В.В.

¹Інститут геотехнической механики им. Н.С. Полякова НАН Украины, ²Государственный аграрно-экономический университет, ³ГП «Государственный научно-исследовательский институт строительных конструкций», ⁴ООО «Монодит»

VIBRATION PROTECTION OF RESIDENTIAL BUILDINGS FROM DYNAMIC INFLUENCE OF RAILWAY TRANSPORT

¹Bulat A.F., ²Kobets A.S., ¹Dyrda V.I., ³Marienkov M.H., ¹Lysytsia M.I., ¹Ahaltsov H.M.,
⁴Niemchenko V.V.

¹Institute of Geotechnical Mechanics named by N. Poljakov NAS of Ukraine, ²Dnipro State Agrarian and Economic University, ³SE "State Scientific-Research Institute of Building Constructions", ⁴"Monodit" LLC

Анотація. Розглядаються деякі проблеми будівництва житлового комплексу з системою сейсмо- та віброзахисту від потягів залізниці. Розрахункова сейсмічність майданчику будівництва складає 6 балів за діючими нормами [1]. Будівельний майданчик розташовано біля лінії залізниці. Під час руху потягів і автотранспорту вібрації ґрунту передаються конструкціям будівлі. Переважаючі частоти динамічних дій від потягів залізниці і автотранспорту знаходяться в діапазоні 10-80 Гц. Частоти власних вертикальних коливань перекриттів в житлових кімнатах будинків складають від 20 до 50 Гц. Тому динамічні впливи потягів є причиною підвищених (близьких до резонансних) коливань перекриттів будинків, які розташовані вздовж колії.

Застосування систем віброзахисту на основі еластомерних віброопор (віброізолятори на основі натурального каучуку) набуло широкого поширення як на промислових підприємствах, так і при зниженні техногенних впливів (вібрацій) на людину в житлових будинках, особливо в мегаполісах України (віброзахист від підземного і наземного транспорту: потягів метрополітену, трамваю, залізничного та автомобільного транспорту). Системи вібро- і сейсμοзахисту на основі розроблених в Україні вітчизняних еластомерних віброопор для захисту конструкцій будівель і споруд від сильних і руйнівних землетрусів дозволяють проектувати сейсмостійкі, комфортні і економічні будівельні конструкції.

Віброізоляція будівель від вібрацій потягів залізниці здійснюється шляхом встановлення гумових або гумово-металевих віброізоляторів між фундаментною плитою і стінами будівлі підвального поверху.

В статті представлені результати експериментальних досліджень щодо вирішення проблеми віброізоляції багатопверхових будівель у рівні пальового ростверку від потягів залізниці та автотранспорту. Результати виконаних робіт дозволили отримати акселерограми поверхні ґрунту на будівельному майданчику; здійснити розроблення розрахункових динамічних моделей віброізольованих 6, 10 та 13-поверхових секцій житлового будинку для проведення розрахунків та розроблення рекомендацій з конструювання вузлів влаштування віброізоляторів та системи сейсмо- та віброзахисту секцій будинку з метою зниження до допустимих за Санітарними нормами динамічних впливів від потягів залізниці.

Ключові слова: житловий будинок, система сейсмо- та віброзахисту, віброприскорення ґрунту та перекриття, випробування ізоляторів, розрахунок на акселерограми, рекомендації з віброзахисту

Об'єкти досліджень

Майданчик будівництва трьох секцій житлового будинку з системою сейсмічного та вібраційного захисту на вул. Під Дубом у м. Львів знаходиться в зоні

щільної забудови, прилеглих автотранспортних шляхів та залізниці. Рух автотранспорту біля будівельного майданчика необмежений протягом доби. Двосторонній рух залізничних потягів як пасажирських, так і вантажних на ділянці залізниці Київ – Львів біля будівельного майданчика також здійснюється без будь-яких обмежень. Залізнична колія розташована на відстані 20-30 м від будинку.

Житловий будинок за проектом складається з трьох секцій, які відрізняються як поверховістю, так і розмірами в плані. Секція 3 має 13 поверхів, секція 2-6 поверхів, секція 1-10 поверхів. Кожна секція будинку побудована на власному віброізолюваному пальовому фундаменті.

Конструктивна схема житлових 6, 10 та 13-поверхових будинків – безригельний монолітний залізобетонний каркас. Несучими вертикальними конструкціями є колони, пілони та ядра жорсткості. Висота типового поверху дорівнює 3,0 м. Перекриття поверхів та покриття – монолітні залізобетонні плити товщиною 200 мм, які об'єднують вертикальні елементи і забезпечують просторову жорсткість будівлі. Фундаменти будинків – монолітні залізобетонні ростверки на пальовій основі. Палі прийнято перерізом 350×350 мм.

Пальові ростверки 6-поверхового будинку запроектовано товщиною 600 мм; 10 та 13-поверхових будинків – товщиною 800 мм. Для захисту від динамічних впливів потягів залізниці за результатами чисельних досліджень та випробувань гумових віброізоляторів, рекомендовано на оголовок кожної палі перед бетонуванням плити ростверку встановити гумовий ізолятор діаметром 340 мм та влаштувати систему віброзахисту будинків у рівні підшви плити ростверку згідно патенту [2].

Слід відмітити, що запропоноване рішення системи сейсмо- та віброзахисту пройшло перевірку на житлових 10 та 27-поверхових будинках у м. Києві. У побудованих дев'яти будинках у м. Києві рівні вібрації переkritтів не перевищують допустимі значення за Санітарними нормами під час динамічних впливів руху потягів метрополітену.

Мета роботи – обґрунтування використання системи сейсмо- та віброзахисту трьох секцій житлового будинку (6, 10 та 13 поверхів) під час сейсмічних та динамічних впливів потягів залізниці.

Методи дослідження – динамічні обстеження поверхні ґрунту на будівельному майданчику; розроблення просторових динамічних моделей трьох секцій; випробування гумових ізоляторів; виконання розрахунків секцій на сейсмічні навантаження інтенсивністю 6 балів та динамічні впливи вантажних та пасажирських потягів залізниці; обґрунтування ефективності системи віброзахисту будинку за результатами розрахунків та контрольних вимірювань рівнів прискорень плит переkritтя під час будівництва трьох секцій.

Результати динамічних обстежень поверхні ґрунту та переkritтя при впливах вантажних та пасажирських потягів

Нормування рівнів віброприскорень, віброшвидкості та вібропереміщень в житлових приміщеннях дано в нормах [4] з метою забезпечення безпеки проживання у будинках. Для непостійної вібрації від потягів в нічний час допустимі рівні вібрації переkritтів у приміщеннях житлових будинків приведені в табл. 1.

Граничне значення віброприскорення при визначенні його рівня (у дБ) прийнято рівним $1 \times 10^{-6} \text{ м/с}^2$.

Для виконання вимог [4] необхідно передбачати відповідну відстань між житловими будівлями та джерелами вібрації, або застосування на джерелах та будівлях засобів віброзахисту.

Таблиця 1 – Допустимі рівні вібрації (дБ) в житлових будинках

Параметри	Середньо-геометричні частоти октавних полос, Гц					
	2	4	8	16	31,5	63
Віброшвидкість	69	63	57	57	57	57
Віброприскорення	65	65	65	71	77	83
Вібропереміщення	133	121	109	108	97	91

Аналіз зареєстрованих у 2016 р. на будівельному майданчику по вул. Під Дубом сигналів та їх спектрів (рис. 1, рис. 2) показав наступне. При динамічних впливах вантажних потягів перевищення допустимих рівнів віброприскорень перекриттів проєктованих будинків при відсутності системи віброзахисту прогнозується від 6 дБ до 12 дБ (у 2-4 рази) в октавах «8 Гц», «16 Гц», «31,5 Гц» та «63 Гц» (рис. 1, рис. 2).

При проїзді пасажирських потягів перевищення допустимих рівнів віброприскорень перекриттів прогнозується на 2 – 5 дБ в октавах «31,5 Гц» та «63 Гц».

З метою зниження рівнів вібрації

конструкцій проєктованих 6, 10 та 13-поверхових будинків до допустимих значень були виконані розрахунки параметрів гумових ізоляторів та проведені випробування ізоляторів діаметром 340 мм. Визначені за результатами випробувань, фактичні жорсткості ізоляторів (рис. 3 – рис. 5) були використані під час розрахунків просторових моделей будинків на динамічні впливи потягів залізниці.

Результати розрахунку коливань 13-поверхового будинку

Розрахунки коливань просторової моделі будинку виконано на динамічні впливи вантажного та пасажирського потягів з врахуванням системи віброзахисту (гумові віброопори, на які спирається ростверк) та при її відсутності.

Розрахункова модель 13-поверхового будинку була розрахована на вплив акселерограм, зареєстрованих біля фундаменту секції під час руху потягів залізниці. Виконане порівняння частот, періодів та суми модальних мас за формами коливань будинку на віброопорах та при їх відсутності. Частота вертикальних коливань будинку на віброопорах (ізоляторах жорсткістю на стиск $K_z = 105000 \text{ кН/м}$) дорівнює 3,8 Гц.

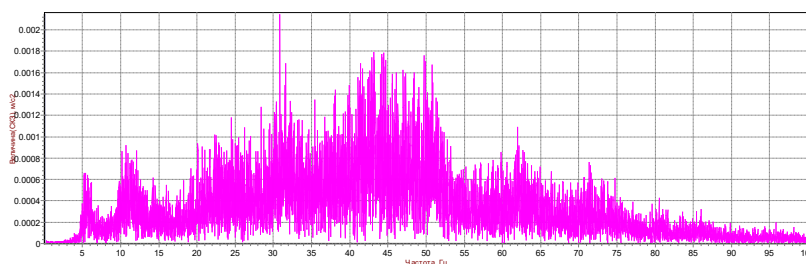


Рисунок 1 – Вузькосмуговий спектр вертикальних віброприскорень ґрунту (вісь Z) на відстані 22 м від колії при впливах вантажного потягу

Отримані дані дозволили зробити висновок, що сума модальних мас досягає 59,2% вже на 7-ї формі коливань будинку на віброопорах. При відсутності віброопор сума модальних мас досягає 68,9 % на 108-ї формі коливань. Тому при влаштуванні системи віброзахисту будинку його коливання на віброопорах будуть на частотах з меншими значеннями, у результаті чого розрахункові рівні коливань перекриттів будинку отримані значно меншими: 0,013 мм та 0,031 мм, тобто у 2,4 рази менше. Максимальне розрахункове вертикальне прискорення плити ростверку 13-поверхового будинку з системою віброзахисту дорівнює $4,7 \text{ см/с}^2$, що нижче прискорення ґрунту 22 см/с^2 у 4,6 рази.

Порівняльний аналіз ізополей вертикальних амплітуд переміщень перекриттів 13-поверхового будинку з системою віброзахисту та при її відсутності показав (рис. 6, рис. 7), що як при впливах вантажних потягів, так і при проїзді пасажирських потягів розрахункові (прогнозовані) рівні вібрацій конструкцій перекриттів не перевищують допустимі значення.

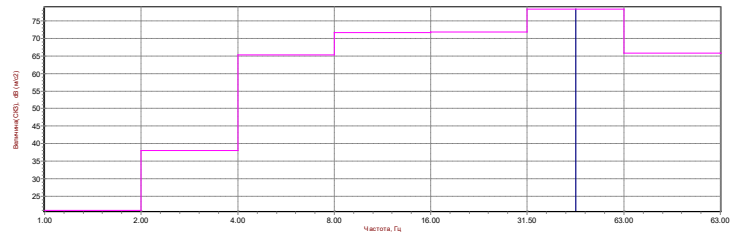


Рисунок 2 – Октавний спектр вертикальних віброприскорень ґрунту (вісь Z) на відстані 22 м від колії при впливах вантажного потягу

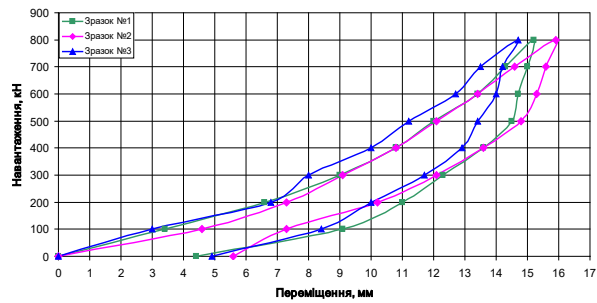


Рисунок 3 – Залежність вертикального переміщення від навантаження (до 800 кН) гумових ізоляторів діаметром 340 мм (система віброзахисту від потягів залізниці 6,10 та 13-поверхових секцій житлового будинку по вул. Під Дубом у м. Львів)

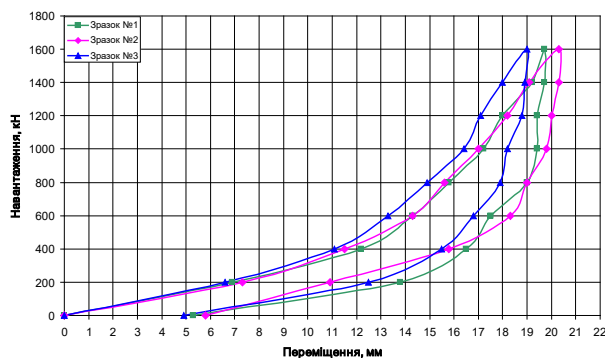


Рисунок 4 – Залежність вертикального переміщення від навантаження (до 1600 кН) гумових ізоляторів діаметром 340 мм (система віброзахисту від потягів залізниці 6, 10 та 13-поверхових секцій житлового будинку по вул. Під Дубом у м. Львів)

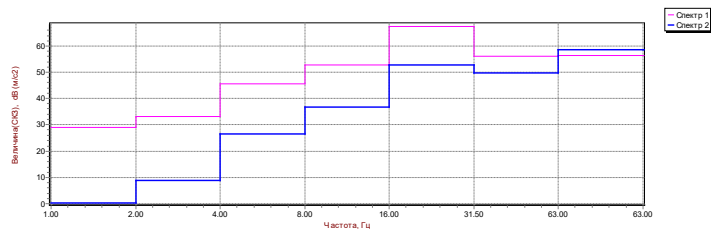


Рисунок 5 – Октавні спектри вертикальних віброприскорень перекриття (спектр 1 – датчик вібрації № 1 встановлено на перекритті 2 поверху секції 3; спектр 2 – датчик № 2 – на перекритті 2 поверху секції 1) при проїзді вантажного потягу (час запису о 13 год. 54 хвилини 16.09.2017 р.)

Розрахункові коефіцієнти запасу будинків по перекиданню під час вітрових та сейсмічних навантажень

Коефіцієнт запасу будинків по перекиданню під час вітрових та сейсмічних навантажень визначався за формулою:

$$K_{opr} = M_{yd} / M_{opr},$$

де M_{yd} – мінімальний утримуючий момент від постійного навантаження відносно крайнього ряду віброізоляторів; M_{opr} – максимальний перекидний момент від вітрових або сейсмічних навантажень (визначались при 6 балах згідно [1] при значенні коефіцієнта $k_1 = 1,0$).

Результати розрахунків коефіцієнтів запасу проти перекидання секції № 3 будинку дані у табл. 2. При сейсмічних впливах розрахункові коефіцієнти запасу дорівнюють від 5,4 до 16,5 для секцій висотою від 13 до 6 поверхів. При вітрових впливах коефіцієнти запасу дорівнюють від 101,6 до 196,6.

Таблиця 2 – Результати розрахунків стійкості 13-поверхового будинку (секція № 3) проти перекидання при сейсмічних навантаженнях інтенсивністю 6 балів

№ вузла	Моменти, що утримують, кНм·10 ⁻¹		Моменти, що перекидають, кНм·10 ⁻¹		Коефіцієнти стійкості	
	M_x	M_y	M_x	M_y	K_x	K_y
При сейсмічних впливах за напрямком Y						
1	64019	96912	921	13102	69.5	7.4
28	67762	137676	922	13188	73.5	10.4
71	71577	71126	871	13164	82.2	5.4
137	71577	96912	871	13102	82.2	7.4
При сейсмічних впливах за напрямком X						
1	64019	96912	11699	800	5.5	121.1
28	67762	137676	11697	927	5.8	148.5
71	71577	71126	11772	891	6.1	79.8

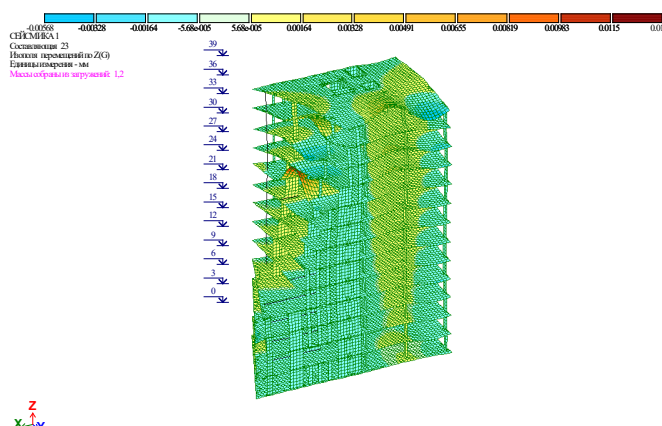


Рисунок 6 – Розрахункові вертикальні амплітуди переміщень перекриттів 13-поверхового будинку з системою віброзахисту при впливах вантажного потягу (23 форма коливань)

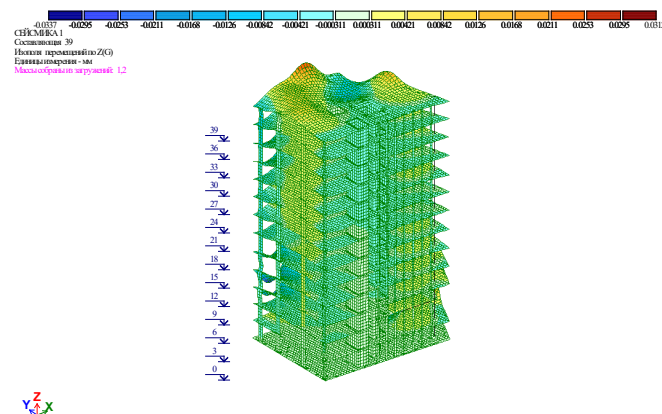


Рисунок 7 – Розрахункові вертикальні амплітуди переміщень перекриттів 13-поверхового будинку при відсутності віброзахисту при впливах вантажного потягу (39 форма коливань)

Рекомендації щодо конструктивних рішень віброопор будинків та системи віброзахисту

За результатами багаторічних експериментально - теоретичних досліджень [3-6] було запатентовано спосіб [2] і розроблено практичні рекомендації з влаштування системи віброзахисту 6, 10 та 13-поверхових житлових будинків в рівні підшви ростверку.

Схема системи віброзахисту будинку з гумовим віброізолятором діаметром 340 мм та товщиною 50 мм, який встановлюється на оголовку палі, приведена на рис. 11. Розрахункове вертикальне навантаження на ізолятор і палю дорівнює 800 кН. Слід відмітити, що випробування гумових ізоляторів товщиною 50 мм було виконано з максимальними навантаженнями до 3200 кН.

Для захисту конструкцій ростверку та підвалу будинків від горизонтальних та вертикальних коливань ґрунту було передбачено віброзахист ростверків та усіх зовнішніх стін підвалу до зворотної засипки ґрунту. Рекомендовано влаштування віброізоляції за допомогою податливого матеріалу (пінополістиролу щільністю 25...30 кг/м³ у вигляді плит товщиною 100 мм), що розміщується між усіма зовнішніми поверхнями фундаментної плити та стінами підземних поверхів і ґрунтом зворотної засипки.

Запропоновано наступний порядок влаштування системи віброзахисту будинків від впливів потягів залізниці:

1. Виконати бетонне підготування по ґрунту $h = 100$ мм з бетону класу С8/10 після улаштування палі (рис. 8).
2. По палям виконати вирівнюючий шар з цементно-піщаного розчину.
3. Встановити віброізолятор на розчині по центру палі.
4. Улаштувати навколо оголовка палі нижній шар пінополістиролу $\gamma = 25$ кг/м³, $h = 100$ мм.
5. Улаштувати верхній шар пінополістиролу $\gamma = 25$ кг/м³, $h = 50$ мм над оголовком палі навколо гумового віброізолятора.
6. Улаштувати шар пінополістиролу $\gamma = 15$ кг/м³, $h = 50$ мм по всій площині ростверка.
7. Виконати бетонне підготування $h = 100$ мм з бетону класу С8/10, як

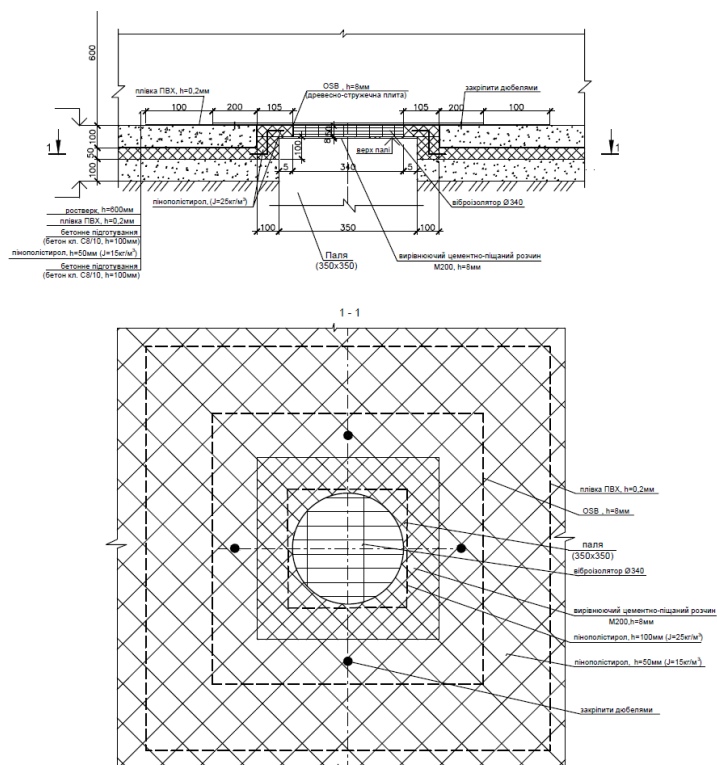


Рисунок 8 – Система віброзахисту житлового будинку в рівні пального ростверку з використанням гумових віброізоляторів

показано на кресленні (див. рис. 11).

8. Укласти захисний шар плівки ПВХ на бетонне підготування з напуском навколо кожного віброізолятора після здобуття міцності бетонної підготовки.
9. Укласти OSB (деревно-стружкову) плиту на віброізолятор і закріпити дюбелями до бетонної підготовки.
10. Улаштувати арматуру ростверку.
11. Виконати бетонування ростверку.
12. Після монтажу конструкцій стін підвалу виконати влаштування віброзахисту вертикальних поверхонь ростверку та зовнішніх стін підвалу.

Висновки

1. Співставлення дослідних значень рівнів віброприскорень з допустимими показав, що при впливах потягів залізниці рівні вібрації ґрунту перевищують допустимі значення для житлових будинків [4] на 6...12 дБ (від двох до чотирьох разів). Це підтверджує необхідність влаштування системи віброзахисту пального ростверку та стін підвалу, що дозволить знизити рівні вібрації конструкцій і забезпечити комфортні умови проживання у будинках.

2. Виконані чисельні дослідження просторової моделі секцій будинку та розроблені рекомендації по влаштуванню системи віброзахисту запроектованого житлового будинку.

3. З метою забезпечення комфортних умов проживання у будинку розроблена схема застосування та порядок встановлення гумових віброізолюючих опор системи віброзахисту будинку в рівні пального фундаменту. Розрахункова частота власних вертикальних коливань будинків на віброопорах дорівнює 3,8-4,7 Гц, що у 3...12 разів менше частот вимушених коливань ґрунту (15-80 Гц) при впливах потягів залізниці. Аналіз розрахункових даних показав, що при влаштуванні віброізоляції рівні вібрації перекриттів не перевищують допустимих за Санітарними нормами для житлових будинків [15, 16]. При відсутності віброзахисту будівлі розрахункові рівні вертикальних вібрацій перекриттів перевищують допустимі значення в 1,5...4 рази (від 2,9 дБ до 13,0 дБ).

4. При сейсмічних навантаженнях (визначались при 6 балах згідно [1] при значенні коефіцієнта $k_1 = 1,0$) розрахункові коефіцієнти запасу проти перекидання секцій висотою 13, 10 та 6 поверхів дорівнюють від 5,4 до 16,5. При вітрових впливах коефіцієнти запасу дорівнюють від 101,6 до 196,6.

5. Обґрунтовані параметри гумових ізоляторів для віброзахисту 6, 10 та 13-поверхових секцій будинку. Виконані випробування двох типів натурних гумових віброізоляторів з зовнішнім діаметром 340 мм і товщиною 50 мм і 40 мм з доведенням максимального вертикального навантаження до 3200 кН. Середня жорсткість гумового ізолятора діаметром 340 мм та товщиною 50 мм на стиск (при розрахункових навантаженнях на палі до 800 кН) дорівнює $K_z = 67000$ кН/м; ізолятора товщиною 40 мм $K_z = 105000$ кН/м (при розрахункових навантаженнях на палі до 1200 кН).

6. За результатами експлуатації гумових віброізоляторів під час дії статичних та динамічних навантажень гарантійний строк експлуатації системи віброзахисту будинку не менше сімдесяти п'яти років. При цьому необхідно відмітити,

що вологе середовище сприяє подовженню строку експлуатації гумових віброізоляторів.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

- ДБН В.1.1-12:2014. Будівництво у сейсмічних районах України. Київ: Мінрегіонбуд України, 2014.
- Спосіб шумо – і віброзахисту будівель і споруд від підземного та наземного залізничного і автомобільного транспорту: пат. 117896 Україна. МПК: E04B 1/62 (2006.01), E04B 1/98 (2006.01), E04H 9/02 (2006.01). Опубл. 10.07.2017, Бюл. № 13.
- Проектирование зданий с заданным уровнем обеспечения сейсмостойкости / Ю.И. Немчинов и др.; под ред. Ю.И. Немчинова. К., 2012. 384 с.
- SN 1304-75. Санитарные нормы допустимых вибраций в жилых домах. М.: Минздрав СССР, 1975.
- Вибросейсмозащита тяжелых машин, зданий и сооружений с помощью резинометаллических блоков / А.Ф. Булат и др. Автоматизация виробничих процесів у машинобудуванні та приладобудуванні. Львів: Львівська політехніка, 2011. Вип. 45. С. 460-464.
- Bulat, A.F., Dyrda, V.I., Lysytsya, M.I., Grebenyuk, S.M. (2018). Numerical Simulation of the Stress-Strain State of Thin-Layer Rubber-Metal Vibration Absorber Elements Under Nonlinear Deformation, *Strength of Materials*, 3 (50), 387-395.

REFERENCES

- Ministerstvo regionalnogo rozvytku ta budivnytstva Ukrainy (2014), *DBN V.1.1-12:2014. Stroitelstvo v seysmicheskikh rayonakh Ukrainy* [SCN V.1.1-12:2014. Construction in seismic regions of Ukraine], Ukraine.
- Dyrda, V.I., Babik, K.M., Kalhankov, Ye.V., Maryenkov, M.H. and Nemchynov, Yu.I. Institute of Geotechnical Mechanics named by N. Polyakov of National Academy of Science of Ukraine (2017), *Sposib шумо- і vibrozakhystu budivel' i sporud vid pidzemnoho ta nazemnoho zaliznychnoho i avtomobil'noho transportu* [The method of noise and vibration protection of buildings and structures from underground and onshore rail and road transport], Ukraine, Pat. 117896.
- Nemchynov, Yu.I., Maryenkov, M.H., Khavkin, A.K. and Babik, K.N. (2012), *Proyektirovaniye zdaniy s zadannym urovнем obespecheniya seysmостойкости* [Designing buildings with a given level of seismic resistance], in Nemchynov, Yu.I. (ed.), Kyiv, Ukraine.
- USSR Ministry of Health (1975), *SN 1304-75. Sanitarnyye normy dopustimykh vibratsiy v zhilykh domakh* [SN 1304-75. Sanitary norms of permissible vibrations in residential buildings], Moscow, USSR.
- Bulat, A.F., Dyrda, V.I., Lysytsya, M.I. et al. (2011), "Vibro seismic protection of heavy machines, buildings and structures with the help of rubber-metal blocks", *Avtomatyzatsiya vyrobnychkykh protsesiv u mashynobuduvanni ta prykladobuduvanni*, no. 45, pp. 460-464.
- Bulat, A.F., Dyrda, V.I., Lysytsya, M.I. and Grebenyuk, S.M. (2018), "Numerical Simulation of the Stress-Strain State of Thin-Layer Rubber-Metal Vibration Absorber Elements Under Nonlinear Deformation", *Strength of Materials*, no. 3 (50), pp. 387-395, <https://doi.org/10.1007/s11223-018-9982-9>.

Про авторів

Булат Анатолій Федорович, Академік Національної академії наук України, доктор технічних наук, професор, директор інституту, Інститут геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова Національної академії наук України (ІГТМ НАНУ), Дніпро, Україна, gtm.bulat@gmail.com

Дирда Віталій Ілларіонович, доктор технічних наук, професор, завідувач відділу механіки еластомерних конструкцій гірничих машин, Інститут геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова Національної академії наук України (ІГТМ НАНУ), Дніпро, Україна, vita.igtm@gmail.com

Мар'єнков Микола Григорович, доктор технічних наук, завідувач відділу, ДП «Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій», Київ, Україна, n.maryenkov@ndibk.gov.ua

Лисиця Микола Іванович, кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, старший науковий співробітник відділу механіки еластомерних конструкцій гірничих машин, Інститут геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова Національної академії наук України (ІГТМ НАНУ), Дніпро, Україна, lisitsa.n.i@gmail.com

Агальцов Геннадій Миколайович, інженер, молодший науковий співробітник відділу механіки еластомерних конструкцій гірничих машин, Інститут геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова Національної академії наук України (ІГТМ НАНУ), Дніпро, Україна, ag.gena@gmail.com

Немченко Віталій Володимирович, інженер, директор ТОВ «монодії», Дніпро, Україна, monodit@list.ru

About the authors

Bulat Anatolii Fedorovich, Academician of the National Academy of Science of Ukraine, Doctor of Technical Sciences (D. Sc.), Professor, Director of the Institute, Institute of Geotechnical Mechanics named by N. Poljakov NAS of Ukraine (IGTM, NASU), Dnipro, Ukraine, gtm.bulat@gmail.com

Dyrda Vitalii Illarionovich, Doctor of Technical Sciences (D. Sc.), Professor, Head of Department of Elastomeric Component Mechanics in Mining Machines, Institute of Geotechnical Mechanics named by N. Poljakov NAS of Ukraine (IGTM, NASU), Dnipro, Ukraine, vita.igtm@gmail.com

Marienkov Mykola Hryhorovich, Doctor of Technical Sciences (D. Sc.), Head of the Department, State Enterprise "State Research Institute of Building Structures", Kyiv, Ukraine, n.maryenkov@ndibk.gov.ua

Lysytsia Mykola Ivanovich, Candidate of Technical Sciences (Ph. D.), Senior Researcher, Senior Researcher in Department of Elastomeric Component Mechanics in Mining Machines, Institute of Geotechnical Mechanics named by N. Poljakov NAS of Ukraine

(IGTM, NASU), Dnipro, Ukraine, lisitsa.n.i@gmail.com

Ahltsov Hennadii Mykolaiovych, Master of Science, Junior Researcher of Department of Elastomeric Component Mechanics in Mining Machines, Institute of Geotechnical Mechanics named by N. Poljakov NAS of Ukraine (IGTM, NASU), Dnipro, Ukraine, ag.gena@gmail.com

Niemchenko Vitalii Volodymyrovych, Master of Science, Director of "Monodit" LLC, Dnipro, Ukraine, monodit@list.ru

Аннотация. Рассматриваются некоторые проблемы строительства жилого комплекса с системой сейсмо- и виброзащиты от поездов железной дороги. Расчётная сейсмичность площадки строительства составляет 6 баллов по действующим нормам [1]. Строительная площадка находится у линии железной дороги. Во время движения поездов и автотранспорта вибрации почвы передаются конструкциям здания. Преобладающие частоты динамических воздействий от поездов железной дороги и автотранспорта находятся в диапазоне 10-80 Гц. Частоты собственных вертикальных колебаний перекрытий в жилых комнатах домов составляют от 20 до 50 Гц. Поэтому динамические воздействия поездов являются причиной повышенных (близких к резонансным) колебаний перекрытий зданий, расположенных вдоль пути.

Применение систем виброзащиты на основе эластомерных виброопор (виброизоляторы на основе натурального каучука) получило широкое распространение как на промышленных предприятиях, так и при снижении техногенных воздействий (вибраций) на человека в жилых домах, особенно в мегаполисах Украины (виброзащита от подземного и наземного транспорта: поездов метрополитена, трамвая, железнодорожного и автомобильного транспорта). Системы вибро- и сейсмозащиты на основе разработанных в Украине отечественных эластомерных виброопор для защиты конструкций зданий и сооружений от сильных и разрушительных землетрясений позволяют проектировать сейсмостойкие, комфортные и экономичные строительные конструкции.

Виброизоляция зданий от вибраций поездов железной дороги осуществляется путём установки резиновых или резинометаллических виброизоляторов между фундаментной плитой и стенами здания подвального этажа.

В статье представлены результаты экспериментальных исследований по решению проблемы виброизоляции многоэтажных зданий на уровне свайного ростверка от поездов железной дороги и автотранспорта. Результаты выполненных работ позволили получить акселерограммы поверхности почвы на строительной площадке; осуществить разработку расчётных динамических моделей виброизолированных 6, 10 и 13-этажных секций жилого дома для проведения расчётов и разработку рекомендаций по конструированию узлов устройства виброизоляторов и системы сейсмо- и виброзащиты секций дома с целью снижения до допустимых по Санитарным нормам динамических воздействий от поездов железной дороги.

Ключевые слова: жилой дом, система сейсмо- и виброзащиты, виброускорения почвы и перекрытия, испытания изоляторов, расчет на акселерограммы, рекомендации по виброзащите

Abstract. Some problems of the construction of a residential complex with a system of seismic and vibration protection from railway trains are considered. The estimated seismicity of the construction site is 6 points according to the current standards [1]. The construction site is located at the railway line. During the movement of trains and vehicles, soil vibrations are transmitted to the building constructions. The prevailing frequencies of dynamic effects from railway trains and motor vehicles are in the range of 10-80 Hz. Frequencies of natural vertical oscillations of floors in the living rooms of houses range from 20 to 50 Hz. Therefore, the dynamic effects of trains are the cause of increased (close to resonant) oscillations of floors of buildings located along the way.

The use of vibration protection systems based on elastomeric vibration dampers (vibration isolators based on natural rubber) has become widespread both at industrial enterprises and at reduced man-made impacts (vibrations) on people in residential buildings, especially in megacities of Ukraine (vibration protection from underground and land transport: trains of a metro, tram, rail and road transport). Vibro- and seismic protection systems based on domestic elastomer vibration dampers developed in Ukraine to protect buildings and structures from strong and destructive earthquakes allow designing seismic resistant, comfortable and economical building constructions.

Vibration insulation of buildings from railway train vibrations is carried out by installing rubber or rubber-metal vibration insulators between the base plate and the walls of the basement building.

The article presents the results of experimental studies on solving the problem of vibration isolation of multi-storey buildings at the level of a pile grillage from railroad trains and motor vehicles. The results of the work performed allowed us to obtain accelerograms of the soil surface at the construction site; to carry out the development of dynamic models of vibration-insulated 6, 10 and 13-storey sections of a residential house for carrying out calculations and develop recommendations on the design of units of the device of vibration isolators and the system of seismic and vibration protection of the sections of the house in order to reduce the dynamic effects of railway trains to permissible under Sanitary standards.

Keywords: residential building, system of seismic and vibration protection, vibration acceleration of the soil and floors, testing of isolators, accelerogram calculation, recommendations for vibration protection

Статья поступила в редакцию 12.02.2019

Рекомендовано к печати д-ром техн. наук В.Г. Шевченко