

УДК 504.05

**В. М. ШМАНДІЙ**, д-р техн. наук, проф., **В. І. БРЕДУН**

*Кременчуцький державний університет імені Михайла Остроградського*

## **ЗАХОДИ З УПРАВЛІННЯ ЕКОЛОГІЧНОЮ БЕЗПЕКОЮ ЩОДО ТРАНСПОРТНИХ ДЖЕРЕЛ ТЕХНОГЕННОЇ СЕЙСМІЧНОСТІ**

Досліджено ефективність методів зниження впливу транспортних джерел сейсмічності на будівлі і споруди, що ґрунтуються на регулюванні процесів генерування техносейсмохвиль та їх розповсюдження в геологічному середовищі. Доведена доцільність їх застосування в умовах населених пунктів.

**Ключові слова:** техногенна сейсмічність, автомобільний транспорт, залізниця, сейсмозахисний екран, ефективність заходів

Исследована эффективность методов снижения влияния транспортных источников сейсмичности на здания и сооружения, основанных на регулировании процессов генерирования техносейсмоволн и их распространения в геологической среде. Доказана целесообразность их применения в условиях населенных пунктов.

**Ключевые слова:** техногенная сейсмичность, автомобильный транспорт, железная дорога, сейсмозащитный экран, эффективность мероприятий

Efficiency of methods what reduce influence transport sources of seismic on buildings, processes generating and distribution based on adjusting in a geological environment of technogenic seismic waves investigational. Expedience of their application is well-proven in the conditions of settlements.

**Keywords:** technogenic seismic, motor transport, railway, seismic protection screen, efficiency of measures

**Вступ.** Автомобільний та залізничний транспорт є найбільш поширеними постійно діючими та максимально наближеними до об'єктів селітебної забудови джерелами техногенної сейсмічності на території будь-якого населеного пункту. За умов такого „сусідства“ їх сейсмічний вплив на оточуюче середовище, навіть невідчутний, ігнорувати не доцільно, оскільки він може спричинити погіршення стану здоров'я людей [1]. Тому дослідження процесів генерування та розповсюдження даного типу техносейсмохвиль (ТСХ), а також захисту від них є актуальними.

**Аналіз попередніх досліджень.** Питання розробки заходів по зменшенню інтенсивності динамічних коливань при техногенних землетрусах досить ґрунтовно розглянуті в роботах відчизняних та закордонних науковців. Але більшість досліджень стосується методів зниження інтенсивності ТСХ в процесі їх генерування кар'єрними вибухами [2]. Розглядалися різні аспекти застосування сейсмозахисних екранів [3]. Розроблено ряд конструктивних

рішень щодо зниження рівня вібрацій, що виникають під час руху потягів [4]. Але залишається недостатньо дослідженим процес управління екологічною безпекою на регіональному рівні шляхом застосування методів зниження впливу транспортної сейсмічності в умовах селітебної забудови.

**Мета роботи.** Розробити комплекс заходів з управління екологічною безпекою території, що базується на зниженні негативного впливу транспортних джерел техногенної сейсмічності на оточуюче середовище. Довести доцільність їх застосування в умовах селітебної забудови.

**Матеріал і результати досліджень.** Автомобільний та залізничний транспорт є наземними джерелами техногенної сейсмічності низької та середньої потужності [1]. Це обумовлює однотипний характер розповсюдження породжених ними ТСХ та ідентичність методів зменшення негативного техносейсмовпливу. Серед заходів з управління екологічною безпекою першочергово розглянемо траншейний сейсмозахисний екран (рис. 1). Можливий варіант конструкції траншейного екрану показаний на рис.2.

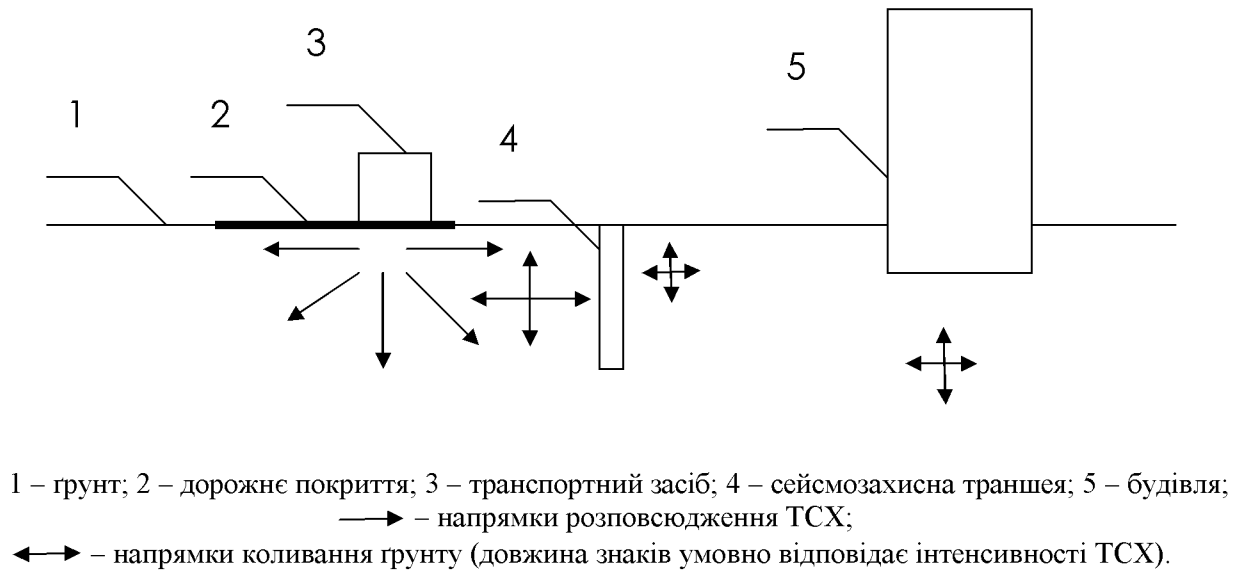
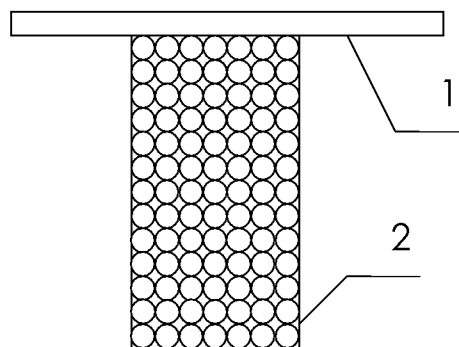


Рисунок 1 – Розповсюдження транспортних ТСХ в однорідному середовищі

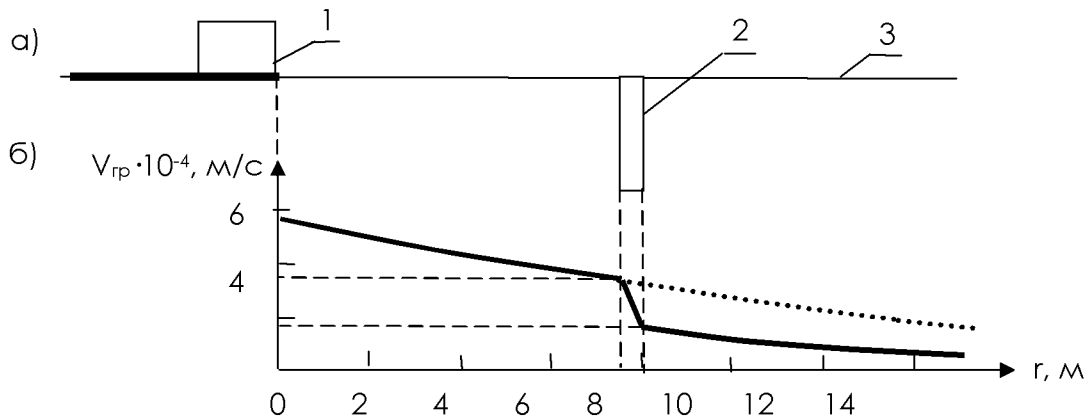


1 – перекриття траншеї (залізобетонна плита); 2 – наповнювач (порожні ПЕТ відходи).

Традиційно в сейсμοзахисних траншеях в якості заповнювачів використовували тверді (щебінь, керамзит) або волокнисті матеріали [5]. У цих варіантів є суттєві недоліки: заповнюючий матеріал згодом спресується та ущільнюється ґрунтом, який потрапляє в структуру наповнюючої засипки в процесі дифузії поверхневої вологи в ґрунт, і траншея перетворюється на один суцільний моноліт. Це призводить до втрати траншеєю сейсμοізолюючих властивостей. Ми пропонуємо заповнювати траншею закритими порожніми поліетилен-терефталатними (ПЕТ) відходами споживання. Утворена гнучка структура пружних замкнутих об'ємів забезпечує багаторазове переломлення та відбиття сейсмічних хвиль, поглинання енергії ТСХ, стабільність у часі екрануючих

властивостей та стійкість бортів траншеї без застосування спеціального укріплення. До того ж, таке використання побутових відходів є одним з варіантів їх утилізації. В умовах експериментального полігону нами досліджено сейсמודемпфуючий ефект екрану (рис.3). Встановлено, що інтенсивність сейсμοколиваний знижується в 2-2,6 рази.

Розглянутий спосіб захисту доцільно використовувати тільки для окремих наближених до транспортних магістралей об'єктів (наприклад, автозаправні станції). Тому, в умовах селітебної зони, особливо в районах щільної забудови, перевагу, на наш погляд, слід віддавати методам, що дозволяють знизити інтенсивність ТСХ на стадії їх генерування.



а) – схема експерименту: 1 – джерело ТСХ, 2 – сейсмотрахисний екран (глибина 2м, ширина 0,5м), 3 – поверхня ґрунту; б) – залежність швидкості зміщення ґрунту від відстані між джерелом ТСХ і сейсмоприймачем; ..... – при відсутності екрануючої траншеї.

**Рисунок 3** – Зниження інтенсивності автотранспортних ТСХ сейсмотрахисною траншеєю

Для залізниць, оскільки найбільш інтенсивні ТСХ породжуються під час руху колісної пари через рейковий стик [1], таким методом може бути улаштування безстикової колії або віброзахисної конструкції колії зі спеціальним скріпленням [4]. Такі заходи, за даним [4], при повному облаштуванні колії зменшують швидкості зміщення ґрунту на відстані до 100м від залізниці в 3,15-5 раз в діапазоні коливань 8-63 Гц.

Найбільш потужні автотранспортні ТСХ виникають при переїзді автомобіля через дефекти дорожнього покриття [1]. Тому, пріоритетним напрямком зменшення інтенсивності автотранспортних ТСХ є утримання в задовільному стані автомобільних доріг, що в теперішній час досить рідко реалізується.

Нами проведені дослідження інтенсивності автотранспортних ТСХ під час руху транспорту по бездефектним ділянкам та переходу колесом дефектів дорожнього покриття транспортної

магістралі, а також залізничних ТСХ під час руху колісної пари по суцільній ділянці рейки та переході рейкового стику на невіброзахисній колії. Відстань від автотранспортних та залізничних джерел ТСХ до точки заміру становила 10м та 20м відповідно. Результати наведені в табл. 1 та 2.

Використовуючи дані таблиць 1 та 2 ми встановили, що середнє зростання швидкості зміщення ґрунту, що виникає під час руху автотранспорту на дефектних ділянках шляхів, становить 2,4 рази у порівнянні з бездефектною дорогою, для залізниці – 2 рази. Тобто, ступінь екологічної небезпеки зростає відповідно у 2,4 та 2 рази.

За відсутністю точних даних по умовам проведення експерименту [4] можливо припустити, що відмінність отриманого нами результату (2,4 рази) та даних [4] (3,15-5 раз)

**Таблиця 1**

**Швидкість зміщення ґрунту під дією ТСХ, що генеруються при русі залізничного транспорту**

№ експерименту	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$V_{пз}, 10^{-2} м/с$	0,32	0,313	0,28	0,33	0,3	0,32	0,27	0,31	0,29	0,33
$V_{кз}, 10^{-2} м/с$	0,18	0,15	0,13	0,18	0,14	0,17	0,12	0,14	0,12	0,19

Примітка:  $V_{пз}$  та  $V_{кз}$  – швидкість зміщення ґрунту під впливом техносейсмохвиль, що генеруються, відповідно, при переході колісної пари через рейковий стик та при котінні по монолітним рейкам.

Таблиця 2

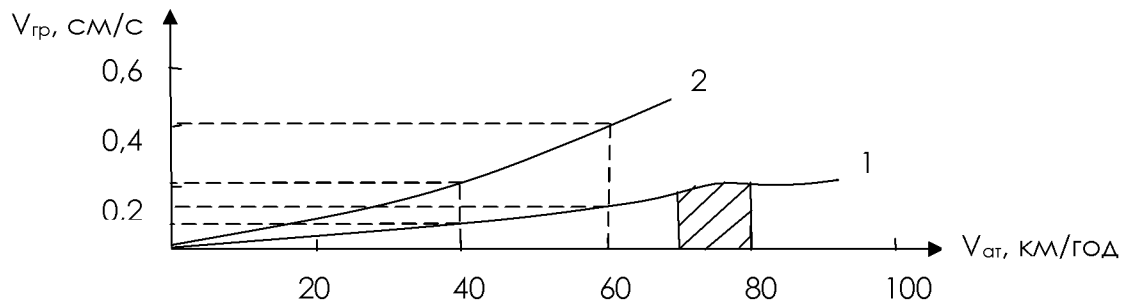
## Швидкість зміщення ґрунту під дією автотранспортних ТСХ

№ експерименту	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$V_{па}, 10^{-2} м/с$	0,32	0,27	0,36	0,37	0,35	0,26	0,29	0,25	0,38	0,24
$V_{ка}, 10^{-2} м/с$	0,13	0,12	0,14	0,16	0,15	0,11	0,12	0,11	0,17	0,105

Примітка:  $V_{па}$  та  $V_{ка}$  – швидкість зміщення ґрунту під впливом техносейсмохвиль, що генеруються, відповідно, при переході колеса через дефект дорожнього покриття та при котінні по бездефектній ділянці.

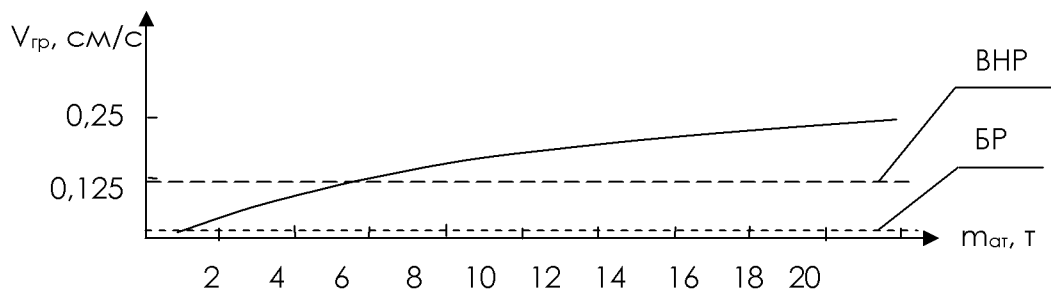
може пояснюватись різними швидкостями руху потягів під час експериментів та їх масою. В нашому випадку спостереження проводились під час руху пасажирського потягу зі швидкістю 10 км/год. Для вантажного потягу інтенсивність сейсмічного навантаження може бути більш відчутною.

На основі експериментальних досліджень встановлено, що на інтенсивність автотранспортних ТСХ впливають швидкість руху (рис.4) та маса транспортних засобів (рис.5).



1 – непошкоджене покриття, 2 – дефектна ділянка дороги.

**Рисунок 4** – Залежність швидкості зміщення ґрунту  $V_{гр}$  від швидкості руху автомобіля  $V_{ат}$  та якості дорожнього покриття



ВНР та БР – відповідно фізично відчутний небезпечний та безпечний рівні прямого сейсмічного впливу.

**Рисунок 5** – Залежність швидкості зміщення ґрунту  $V_{гр}$  від маси транспортних засобів  $m_{ат}$  при переїзді дефекту дорожнього покриття ( $V_{ат}=40$  км/год)

На рис.4 проілюстровано результати експерименту для автомобіля КАМАЗ на замиському полігоні. Збільшення швидкості руху автомобіля з 40 до 60 км/год спричиняє підвищення інтенсивності ТСХ в 1,5 рази по бездефектній дорозі та у 2 рази на дефектних ділянках. Заштрихована зона під кривою 1 відповідає швидкостям руху транспортного засобу, при яких виникають резонансні радіальні коливання коліс, обумовлені якістю їх балансування. В результаті у вказаному діапазоні спостерігається незначне підсилення сейсмічного ефекту. Дослідження на дефектних ділянках покриття при швидкостях руху транспорту  $V_{ар} > 70$  км/год не проводились з міркувань запобігання пошкодження транспортних засобів.

Відчутна екологічна небезпека сейсмічного походження формується при подоланні дефектів дорожнього покриття транспортними засобами масою більше 6т (рис.5). Автомобілі масою менше 6т при швидкості руху до 40 км/год є джерелами невідчутної небезпеки, при масі транспортного засобу менше 1т взагалі не відчувається негативного впливу на людей.

Як один з варіантів управління екологічною безпекою ми розглядаємо використання дерев з розвинутою кореневою системою, висаджених вздовж магістралей. Коренева система дерева являє собою своєрідну еластичну ґрунтоармуючу сітку, яка зменшує швидкість зміщення ґрунту за рахунок пружних сил, що виникають в корінні при переміщенні. За результатами експериментальних досліджень нами встановлено, що лісосмуга з двох рядів дерев підвищує ступінь затухання ТСХ в 1,24 рази. Даний захід крім антисейсмічного ефекту призводить до зниження забрудненості повітря та зменшення рівня шуму на прилеглих до транспортних магістралей територіях.

**Висновки.** Резюмуючи, слід відмітити, що модернізація залізничних колій, ремонт

автомобільних доріг, корегування схем та режиму руху транспорту, насадження дерев вздовж магістралей є найбільш доцільними з економічної точки зору, оскільки не потребують улаштування додаткових сейсмозахисних споруд. Тому, саме вони є пріоритетними при вирішенні питань зниження негативного екологічного впливу транспортної сейсмічності на оточуюче середовище.

Екранування траншеями доцільно використовувати для захисту окремих об'єктів в умовах неможливості застосування або недостатньої ефективності наведених заходів.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Шмандій В. М. Сейсмічні поля техногенного походження в індустріально навантаженому регіоні / В. М.Шмандій, В. І. Бредун // Тези доповідей VIII Всеукр. науково-техн. конф. „Фізичні процеси та поля технічних і біологічних об'єктів”.– Кременчук: КДПУ, 2009.– С.301-302.
2. Богацкий В. Ф., Фридман А.Г. Охрана инженерных сооружений и окружающей среды от вредных действий промышленных взрывов / В. Ф.Богацкий, А. Г. Фридман– М.: Недра, 1982.- 162 с.
3. Кравец В. Г. Статическо-динамический метод отделения монолитов от массива / В. Г. Кравец, О. П. Толкач, К. М. Зеленская // Совершенствование технологии строительства шахт и подземных сооружений: сб. научн. трудов.– Донецк: "Норд-пресс", 2008. - №14. - С. 36.
4. Никонов А. М. Железнодорожный путь на искусственных сооружениях / А. М. Никонов – М.: Изд. УМЦ ЖДТ.–2007.– 291с.
5. Мартынов Н. В. Аналитический обзор систем и элементов активной сейсмозащиты на базе сейсмоизолирующих экранов в виде волновых завес / Н. В. Мартынов // Сборник научных трудов „Строительство и техногенная безопасность”.– 2008.– № 26.– С.38 – 42.

Надійшла до редколегії 2.04.2010