

УПРАВЛІННЯ ЕКОЛОГІЧНОЮ БЕЗПЕКОЮ НАФТО-ГАЗОПРОВОДІВ В УМОВАХ ВПЛИВУ НА НИХ ТРАНСПОРТНИХ ДЖЕРЕЛ ТЕХНОГЕННОЇ СЕЙСМІЧНОСТІ

В. І. Бредун

Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка

Просп. Першотравневий, 24, м. Полтава, 36011, Україна. E-mail: bvi37h@gmail.com

Важливим чинником екологічної безпеки нафто-газотранспортних комплексів є техногенна сейсмічність. На основі сучасної теоретичної бази досліджень з питань техногенної сейсмоекології та практичного досвіду комплексного дослідження чинників техногенної сейсмічності проаналізовано процес формування екологічної небезпеки нафто-газопроводів транспортними джерелами техногенної сейсмічності з метою розробки комплексу заходів з управління екологічною безпекою території, що базується на зниженні негативного впливу транспортних джерел техногенної сейсмічності на нафто-газопроводи. Встановлено рівні небезпеки в зонах мінімально допустимих відстаней від об'єктів нафто-газотранспортної системи до автомобільних та залізничних магістралей. Досліджено ефективність методів зниження впливу транспортних джерел сейсмічності на нафто-газопроводи, що ґрунтуються на регулюванні процесів генерування техносейсмохвиль та їх розповсюдження в геологічному середовищі. Доведена доцільність їх застосування в зонах максимального наближення об'єктів автомобільного, залізничного та трубопроводного транспорту. Встановлено, що пріоритетними методами при вирішенні питань зниження негативного впливу транспортної сейсмічності на екологічну безпеку об'єктів нафто-газотранспортної системи є модернізація залізничних колій, ремонт автомобільних доріг, корегування схем та режиму руху транспорту, насадження дерев вздовж магістралей. Вони, також, є найбільш доцільними з економічної точки зору, оскільки не потребують улаштування додаткових сейсмозахисних споруд.

Ключові слова: техногенна сейсмічність, автомобільний транспорт, залізниця, нафто-газопровід, сейсмозахисний екран, екологічна безпека.

УПРАВЛЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТЬЮ НЕФТЕ- И ГАЗОПРОВОДОВ В УСЛОВИЯХ ВЛИЯНИЯ НА НИХ ТРАНСПОРТНЫХ ИСТОЧНИКОВ ТЕХНОГЕННОЙ СЕЙСМИЧНОСТИ

В.И. Бредун

Полтавский национальный технический университет имени Юрия Кондратюка

Первомайский проспект, 24, м. Полтава, 36011, Украина. E-mail: bvi37h@gmail.com

Важным фактором экологической безопасности нефте-газотранспортных комплексов является техногенная сейсмичность. На основе современной теоретической базы исследований по вопросам техногенной сейсмоэкологии и практического опыта комплексного исследования факторов техногенной сейсмичности проанализирован процесс формирования экологической опасности нефте-газопроводов транспортными источниками техногенной сейсмичности с целью разработки комплекса мероприятий по управлению экологической безопасностью территории, основанного на снижении негативного влияния транспортных источников техногенной сейсмичности на нефте-газопроводы. Установлены уровни опасности в зонах минимально допустимых расстояний от объектов нефте-газотранспортной системы до автомобильных и железнодорожных магистралей. Исследована эффективность методов снижения влияния транспортных источников сейсмичности на нефте-газопроводы, основанные на регулировании процессов генерирования техносейсмохвиль и их распространения в геологической среде. Доказана целесообразность их применения в зонах максимального приближения объектов автомобильного, железнодорожного и трубопроводного транспорта. Установлено, что приоритетными методами при решении вопросов снижения негативного влияния транспортной сейсмичности на экологическую безопасность объектов наф-то-газотранспортной системы является модернизация железнодорожных путей, ремонт автомобильных дорог, корректировки схем и режима движения транспорта, посадка деревьев вдоль магистралей. Они, также, являются наиболее целесообразными с экономической точки зрения, поскольку не требуют установки дополнительных сейсмозащитных сооружений.

Ключевые слова: техногенная сейсмичность, автомобильный транспорт, железная дорога, нефтегазопровод, сейсмозащитный экран, экологическая безопасность.

АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ. Людству добре відомі негативні екологічні наслідки процесів транспортування нафти і газу, якими в умовах сучасного техногенного навантаження на природне середовище зневажати вкрай неприпустимо.

З точки зору впливу на атмосферу, поверхневі та ґрунтові води, ґрунти та ландшафти, біоту експлуатації нафто-газотранспортних систем є потенційно небезпечною діяльністю. Традиційно вплив систем транспортування вуглеводневої сировини

на навколишнє середовище пов'язують з забрудненням нафтою ґрунтів та водного середовища, викидами в атмосферу при горінні газових факелів та ін. Можливість реалізації зазначених чинників значною мірою залежить від надійності функціонування технологічних систем, які постійно зазнають внутрішніх та зовнішніх небезпечних чинників, в тому числі й сейсмічних.

Автомобільний та залізничний транспорт є найбільш поширеними постійно діючими та максима-

льно наближеними до об'єктів транспортування нафти і газу джерелами техногенної сейсмічності. Особливо це стосується центральної України, де знаходиться густа транспортна мережа та проходять основні магістральні нафтопроводи та газопроводи. [1]. За умов такого «сусідства» їх сейсмічний вплив на оточуюче середовище, навіть невідчутний, ігнорувати не доцільно, оскільки він може спричинити небажаний механічний вплив на об'єкти нафто-газової галузі і стати причиною виникнення аварійних ситуацій [2]. Тому дослідження процесів генерування та розповсюдження даного типу техносейсмохвиль (ТСХ), а також захисту від них є актуальними.

Питання розробки заходів по зменшенню інтенсивності динамічних коливань при техногенних землетрусах досить ґрунтовно розглянуті в роботах вітчизняних та закордонних науковців. Але більшість досліджень стосується методів зниження інтенсивності ТСХ в процесі їх генерування кар'єрними вибухами [3]. Розглядалися різні аспекти застосування сейсμοзахисних екранів [4]. Розроблено ряд конструктивних рішень щодо зниження рівня вібрацій, що виникають під час руху потягів [5]. Але залишається недостатньо дослідженим процес управління екологічною безпекою об'єктів транспортування нафти і газу шляхом застосування методів зниження впливу на них транспортної сейсмічності.

Метою роботи є розробка комплексу заходів з управління екологічною безпекою території, що базується на зниженні негативного впливу транспор-

тних джерел техногенної сейсмічності на нафтогазопроводи.

МАТЕРІАЛ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ. Автомобільний та залізничний транспорт є джерелами техногенної сейсмічності низької та середньої потужності [2, 6, 7, 8]. Причому, максимальна техногенна сейсмічність може перевищувати природну. Характер транспортних сейсмохвиль обумовлений параметрами транспортного засобу та особливостями дорожнього покриття. Це обумовлює однотипний характер розповсюдження породжених ними ТСХ та ідентичність методів зменшення негативного техносейсмовпливу.

Найбільш потужні автотранспортні ТСХ виникають при переїзді автомобіля через дефекти дорожнього покриття [2]. Тому, пріоритетним напрямком зменшення інтенсивності автотранспортних ТСХ є утримання в задовільному стані автомобільних доріг.

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 невіброзахищеній колії. Відстань від автотранспортних та залізничних джерел ТСХ до точки заміру становила 10м та 20м відповідно. Для реєстрації коливань ґрунту використовували акселерометр, віброграф та відеофіксацію спостережень. Результати наведені в табл. 1 та 2.

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

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 бездефектною ділянкою.

За даними таблиць 1 та 2 середнє зростання швидкості зміщення ґрунту 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 [5] можливо припустити, що відмінність отриманого нами результату (2,4 рази) та даних [5] (3,15-5 раз) 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. Крім того, на результати спостережень значно впливає ступінь дефектності контрольних ділянок транспортних магістралей.

На основі експериментальних досліджень встановлено, що на інтенсивність автотранспортних ТСХ впливають швидкість руху (рис.1) та маса транспортних засобів (рис.2).

На рис.1 проілюстровано результати експерименту для автомобіля повною масою 7 тон на зам'яському 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. У вказаному діапазоні спостерігається незначне підсилення сейсмічного ефекту.

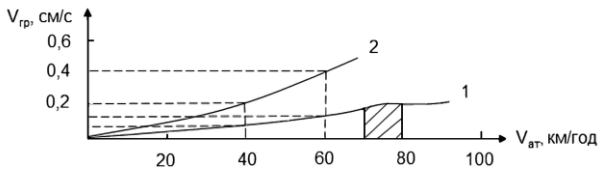


Рисунок 1 – Залежність швидкості зміщення ґрунту: $V_{гр}$ від швидкості руху автомобіля $V_{ат}$ та якості дорожнього покриття: 1 – непошкоджене покриття, 2 – дефектна ділянка дороги

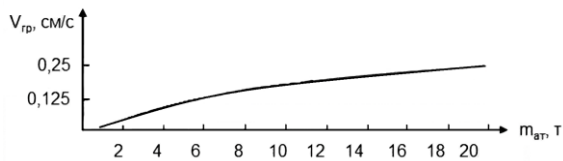


Рисунок 2 – Залежність швидкості зміщення ґрунту $V_{гр}$ від маси транспортних засобів $m_{ат}$ при переїзді дефекту дорожнього покриття ($V_{ат}=40\text{км/год}$)

Відчутна екологічна небезпека сейсмічного походження формується при подоланні дефектів дорожнього покриття транспортними засобами масою більше 6т (рис.2). Автомобілі масою менше 6т при швидкості руху до 40 км/год є джерелами невідчутної небезпеки, при масі транспортного засобу менше 1т негативний вплив на людей не відчувається.

Сейсмічні коливання викликані рухом вантажного автомобіля повною масою 10 тон через дефект дорожнього покриття шириною та глибиною 2см у будинку, що знаходиться на відстані 6м, практично не відчуються. При збільшенні розмірів дефекту у 3 рази, інтенсивність коливань збільшується більше, ніж у 6 разів. Типовий графік зростання інтенсивності коливань ґрунту від розмірів дефектів дорожнього покриття наведений на рис.3.



Рисунок 3 – Типова форма залежності інтенсивності коливань ґрунту від розмірів дефектів дорожнього покриття під час руху автотранспорту

На рисунку 3 відсутні цифрові шкали, оскільки наведений графік представляє типову форму залежності, а конкретні цифрові параметри в кожному випадку індивідуальні і в значній мірі залежать від швидкості руху транспорту, його ваги, навіть ступеня наповнення шин повітрям.

Нафто-газопроводи на території області, як правило, прокладені в поверхневому шарі ґрунту на глибині до 2 метрів. Таким чином, вони знахо-

дяться безпосередньо в зоні дії транспортної сейсмічності, інтенсивність якої наших попередніх досліджень може досягати значень до 4-5 балів за шкалою МСК-64.

Серед заходів з управління екологічною безпекою першочергово розглянемо траншейний сейсмозахисний екран (рис. 4).

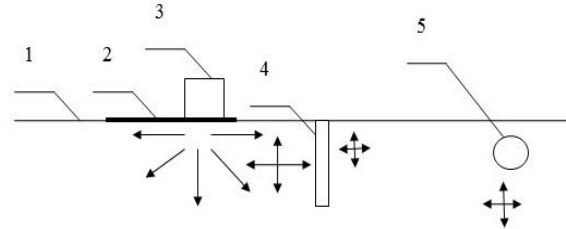


Рисунок 4 – Розповсюдження транспортних ТСХ: 1 – ґрунт; 2 – дорожнє покриття; 3 – транспортний засіб; 4 – сейсмозахисна траншея; 5 – трубопровід; \rightarrow - напрямки розповсюдження ТСХ; \leftrightarrow - напрямки коливання ґрунту (довжина знаків умовно відповідає інтенсивності ТСХ).

Традиційно в сейсмозахисних траншеях в якості заповнювачів використовували тверді (щебінь, керамзит) або волокнисті матеріали [9]. У цих варіантів є суттєві недоліки: заповнюючий матеріал згодом спресовується та ущільнюється ґрунтом, який потрапляє в структуру наповнюючої засипки в процесі дифузії поверхневої вологи в ґрунт, і траншея перетворюється на один суцільний моноліт. Це приводить до втрати траншеєю сейсмоізолюючих властивостей. Ми пропонуємо заповнювати траншею закритими порожніми поліетилен-терефталатними (ПЕТ) відходами споживання. Утворена гнучка структура пружних замкнених 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 сейсмомпфуючий ефект екрану (рис.5). Встановлено, що інтенсивність сейсмоколивань знижується в 2-2,6 рази.

Розглянутий спосіб захисту доцільно використовувати тільки для окремих наближених до транспортних магістралей об'єктів (наприклад, нафтогазопроводи). Тому, в умовах значного наближення автомобільних та залізничних магістралей до нафтогазопроводів, перевагу, на наш погляд, слід віддавати методам, що дозволяють знизити інтенсивність ТСХ на стадії їх генерування особливо з урахуванням зон мінімальних відстаней.

Для залізниць, оскільки найбільш інтенсивні ТСХ породжуються під час руху колісної пари через рейковий стик [2], таким методом може бути улаштування безстикової колії або віброзахисної конструкції колії зі спеціальним скріпленням [5]. Такі заходи, за даним [5], при повному облаштуванні колії зменшують швидкості зміщення ґрунту на відстані до 100м від залізниці в 3,15-5 раз в ді-

пазоні коливань 8-63 Гц.

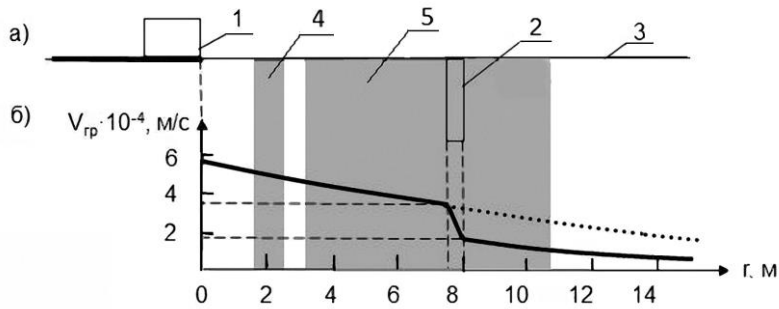


Рисунок 5 – Зниження інтенсивності автотранспортних ТСХ сейсмозахисною траншеєю: а) – схема експерименту: 1 – джерело ТСХ, 2 – сейсмозахисний екран (глибина 2м, ширина 0,5м), 3 – поверхня ґрунту; б) – залежність швидкості зміщення ґрунту від відстані між джерелом ТСХ і сеймоприймачем; – при відсутності екрануючої траншеї, 4 – зона мінімальної відстані від автодороги до газопроводу в залежності від робочого тиску останнього за [10], 5 – зона мінімальної відстані від крайньої рейки залізничної колії до газопроводу в залежності від робочого тиску останнього за [10].

Як видно з рисунку 5 мінімально допустимі відстані розташування об'єктів нафто-газопровідної системи до транспортних магістралей за [10], не є абсолютно небезпечними, оскільки в цих зонах трубопроводи будуть постійно зазнавати техногенного сейсмічного впливу низької або середньої інтенсивності. Відомо, що постійні вібраційні навантаження низької інтенсивності на конструктивні елементи споруд, значно знижують ступінь їх технологічної надійності та загальний ресурс. Вкрай жахливий стан дорожнього покриття автомобільних магістралей України є чинником, що значно підсилює зазначений ефект.

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.

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 впливу транспортної сейсмічності на екологічну безпеку об'єктів нафто-газотранспортної системи.

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

ЛІТЕРАТУРА

1. Бредун. В.І. Формування екологічної безпеки об'єктів нафтогазової галузі Полтавщини фак-

торами техногенної сейсмічності. *Екологічна безпека.* – Кременчук: КрНУ, 2017. Вип. 2 (22). С.21–26.

2. Бредун В.І. Управління екологічною безпекою сейсотехнонавантаженого регіону: дис... кандидата техн. наук.: 21.06.01; Крем. Нац. ун-т. ім. Михайла Остроградського. Кременчук, 2011. 191 с.

3. Богацкий В.Ф., Фридман А.Г. Охрана инженерных сооружений и окружающей среды от вредных действий промышленных взрывов. М.: Недра, 1982. 162 с.

4. Кравец В.Г., Толкач О.П., Зеленская К.М. Статически-динамический метод отделения монолитов от массива. *Совершенствование технологии строительства шахт и подземных сооружений:* сб. научн. трудов. Донецк: "Норд-пресс", 2008. №14. С. 36.

5. Никонов А.М. Железнодорожный путь на искусственных сооружениях. М.: Изд. УМЦ ЖДТ, 2007. 291с.

6. Антоновская Г.Н., Капустян Н.К., Басакина И.М. Экспериментальная оценка динамических воздействий от техногенных источников вибрации на сооружения. *Будівельні конструкції.* – К.: ДП НДІБК, 2010. Вип.73. С.655–660.

7. Ковальчук О.А., Дашевский М.А. Особенности динамической реакции здания повышенной этажности на вибрации, возбуждаемые движением поездов метрополитена. *Промышленное и гражданское строительство.* 2004. № 4. С.24–25.

8. Aliawdin Piotr, Muzychkin Yury, (2010), *Vibration of rc skeleton constructions caused by trains of the shallow subway*, Full papers of the 10th International Conference "Modern Building Materials, Structures and Techniques", May 19–21, Vilnius, Lithuania, p.8.

9. Мартынов Н.В. Аналитический обзор систем и элементов активной сейсмозащиты на базе сейсмоизолирующих экранов в виде волновых завес. *Строительство и техногенная безопасность.* 2008. № 26. С.38–42.

10. НПАОП 0.00-1.20-98. Правила безпеки систем газопостачання України.

MANAGEMENT OF ECOLOGICAL SAFETY OF OIL-GAS CONNECTORS IN NEGATIVE
INFLUENCE OF TRANSPORT SOURCES OF TECHNOGENIC SEISMICITY

V. Bredun

Poltava National Technical Yuri Kondratyuk University
prosp. Pershotravnevyi, 24, 36011, Poltava, Ukraine. E-mail: bvi37h@gmail.com

Purpose. To develop a complex of measures on management of ecological safety of the territory, which is based on reducing the negative impact of transport sources of anthropogenic seismicity on oil and gas pipelines. **Methodology.** On the basis of a modern theoretical base of research on technogenic seismic ecology and practical experience of a comprehensive study of anthropogenic seismicity factors, a process and components of the mechanism of the formation of the environmental hazard of oil and gas pipelines from transport sources of anthropogenic seismicity are analyzed using phased system analysis. **Results.** Automobile and railway transport are the most common sources of technogenic seismicity that are constantly operating and as close as possible to the objects of oil and gas transportation. This is especially true of central Ukraine, where there is a dense transport network and pass the main trunk pipelines and gas pipelines. Automobile and railway transport are ground sources of low and medium power man-made seismicity. Moreover, the maximum technogenic seismicity may exceed the natural for the area. Modernization of railways, repair of roads, adjustment of schemes and driving conditions, planting trees along highways are the most expedient from an economic point of view, since they do not require the installation of additional seismic protection structures. Therefore, it is they who have priority in solving the problems of reducing the negative impact of transport seismicity on the environmental safety of oil and gas transportation facilities. It is advisable to use trench shielding to protect individual objects in conditions of impossibility to use or insufficient effectiveness of these measures. **Originality.** We have studied the intensity of technogenic seismic waves during the movement of road transport along defect-free sections of roads and the wheel's transition of road surface defects of the transport route, as well as vibrations generated by rail transport during the movement of the wheelset along a continuous section of rails and transition of a rail joint on railway tracks having vibroprotection. Hazard levels are established in the zones of minimum allowable distances from objects of the oil and gas transportation system to roads and railways. The effectiveness of methods for reducing the influence of transport sources of seismicity on oil and gas pipelines, based on the regulation of seismic wave generation processes and their distribution in the geological environment, is investigated. The expediency of their use in areas of maximum convergence of objects of road, rail and pipeline transport is grounded. The priority of using the considered methods is established. **Practical value.** Practical application of the results of work will allow to increase the level of environmental safety of territories by increasing the reliability of operation of technological systems of oil and gas transportation system objects at the stage of their design or modernization. *References 7, tables 2, figures 5.*

Key words: man-made seismicity, road transport, railway, oil and gas pipeline, seismic shield, ecological danger.

REFERENCES

1. Bredun, V.I. (2017), "Formation of the ecological danger of objects of the oil and gas industry of Poltava region of the factor of the technogenic seismicity", *Ecologichna bezpeka*, Vol. 2 (22), P.21-26, Ukraine.
2. Bredun, V.I., (2011), "Management of ecological safety of technogenic seismic loading region", Dis. of Cand. Sc. (Engineering.), 21.06.01, Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University, Kremenchuk, Ukraine, 191p.
3. Bogatsky, V.F., Friedman, A.G. (1982), *Ohrana injenernih sooruzheniy I okrugajushey sredy ot vrednih deystviy promishlenih vzrivov* [Protection of engineering structures and the environment from the harmful effects of industrial explosions], Nedra, Moscow, Russia.
4. Kravets, V.G., Pusher, O.P., Zelenskaya, K.M. (2008), *Stichesko-dinamicheskii metod otdeleniya monolitov ot masiva* [Static-dynamic method of separating monoliths from an array], "Improving the technology of construction of mines and underground structures", *Sat. scientific Proc.*, Vol. 14, p. 36.
5. Nikonov A.M. (2007). *Geleznodorozhnyi put na iskusvenih sooruzhenijah* [Railway track on artificial structures], UMC GDT, Moscow, Russia.
6. Antonovskaya, G.N., Kapustian, N.K., Basakina, I.M., (2010), Experimental assessment of dynamic impacts from man-made sources of vibration on structures, *Budivelni konstrukcii*, Vol.73, P.655-660, Ukraine.
7. Kovalchuk, O.A., Dashevsky, M.A., (2004), Features of the dynamic response of a high-rise building to vibrations excited by the movement of subway trains, *Promishlenoe I grazhdanskoe stroitelstvo*. Vol.4, P.24-25.
8. Aliawdin Piotr, Muzychkin Yury, (2010), *Vibration of rc skeleton constructions caused by trains of the shallow subway*, Full papers of the 10th International Conference "Modern Building Materials, Structures and Techniques", May 19–21, Vilnius, Lithuania, p.8.
9. Martynov, N.V. (2008), *Analiticheskii obzor sistem I elementov aktivnoy seysmozschity v baze seismoizolirujushchih ekranov v vide volnodih zaves* [Analytical review of systems and elements of active seismic protection based on seismic-isolating screens in the form of wave curtains]. *Sat. scientific Proc.*, "Construction and Technological Safety", Vol. 26. P.38-42.
10. Standards Ukraine, NPAOP 0.00-1.20-98. (1998) *Pravila bezpeky sistem gazopostachannja Ukrainy* [Safety rules of gas supply systems of Ukraine], Ukraine, Kiev, (1998).