

Міністерство освіти і науки України  
ДНУ «Інститут модернізації змісту освіти»

Український державний університет  
науки і технологій



# МАТЕРІАЛИ

ІХ Міжнародної науково-практичної конференції

## МОСТИ ТА ТУНЕЛІ: ТЕОРІЯ, ДОСЛІДЖЕННЯ, ПРАКТИКА,

присвяченої пам'яті  
професора В. Д. Петренка

м. Дніпро, 16-17 жовтня 2024 р.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ДНУ «ІНСТИТУТ МОДЕРНІЗАЦІЇ ЗМІСТУ ОСВІТИ»

УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ НАУКИ І ТЕХНОЛОГІЙ

**«МОСТИ ТА ТУНЕЛІ:  
ТЕОРІЯ, ДОСЛІДЖЕННЯ, ПРАКТИКА»**

**МАТЕРІАЛИ  
ІХ МІЖНАРОДНОЇ  
НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ,  
ПРИСВЯЧЕНОЇ ПАМ'ЯТІ ПРОФЕСОРА В. Д. ПЕТРЕНКА**

16.10.2024–17.10.2024

Дніпро – 2024

Мости та тунелі: теорія, дослідження, практика [Текст] : матеріали ІХ Міжнародної науково-практичної конференції «Мости та тунелі: теорія, дослідження, практика», присвяченої пам'яті професора В. Д. Петренка, 16-17 жовтня 2024 р. / за заг. ред. О. Л. Тютькіна. Укр. держ. ун-т науки і технологій. – Дніпро, 2024. – 49 с.

У збірнику тез доповідей розглянуто рішення питань відновлення транспортної інфраструктури, зруйнованої під час війни РФ проти України, теорії, проектування і будівництва мостових переходів, будівництва транспортних тунелів і підземних споруд, вирішення проблеми утримання і експлуатації інженерних споруд та розрахунку основ і фундаментів для будівництва інженерних споруд на транспорті. Матеріали подано в рамках ІХ Міжнародної науково-практичної конференції «Мости та тунелі: теорія, дослідження, практика», присвяченої пам'яті професора В. Д. Петренка, яку проведено 16-17 жовтня 2024 р. в Українському державному університеті науки і технологій (УДУНТ).

Збірник тез доповідей рекомендовано для наукових та інженерно-технічних працівників будівельної та залізничної галузей, викладачів, докторантів, аспірантів та студентів закладів освіти, які провадять підготовку фахівців у транспортній галузі.

### **Науковий комітет Конференції:**

Сухий К. М., д.т.н., проф., ректор, УДУНТ

Радкевич А. В., д.т.н., проф., перший проректор, УДУНТ

Пройдак Ю. С., д.т.н., проф., проректор з наукової роботи, УДУНТ

Зайчук О. В., д.т.н., проф., проректор з науково-педагогічної роботи, УДУНТ

Тютюкін О. Л., д.т.н., проф., зав. каф. «Транспортна інфраструктура», УДУНТ

Банніков Д. О., д.т.н., проф., проф. каф. «Будівельне виробництво та геодезія», УДУНТ

Бугаєвський С. О., д.т.н., проф., проф. каф. мостів, конструкцій і будівельної механіки ім. В. О. Російського, Харківський національний автомобільно-дорожній університет

Винников Ю. Л., д.т.н., проф., зав. каф. буріння та геології, Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка

Гапеев С. М., д.т.н., проф., зав. каф. будівництва, геотехніки і геомеханіки, НТУ «Дніпровська політехніка»

Киричок В. М., заступник начальника служби колії регіональної філії Придніпровської залізниці АТ «Укрзалізниця» (м. Дніпро)

Ковальчук В. В., д.т.н., проф., проф. каф. залізничного транспорту, Національний університет «Львівська політехніка»

Кузнецов В. В., д.т.н., проф., Instytut Kolejnictwa (Poland)

Лучко Й. Й., д.т.н., проф., проф. каф. «Будівельні конструкції», Львівський національний університет природокористування (м. Дубляни)

Мамажанов Р. К., д.т.н., проф., директор з перспективного розвитку і науки АЖ «УЗОГИРСАНОАТЛОЙИХА» (м. Ташкент, Узбекистан)

Мінеєв С. П., д.т.н., проф., зав. відділу керування динамічними проявами гірського тиску, Інститут геотехнічної механіки імені М. С. Полякова НАН України (м. Дніпро)

Нетеса М. І., д.т.н., проф., проф. каф. «Будівельне виробництво та геодезія», УДУНТ

Нікіфорова Т. Д., д.т.н., проф., зав. каф. «Залізобетонні і кам'яні конструкції», УДУНТ

Остапенко І. С., полковник, начальник кафедри військової підготовки Держспецтрансслужби, УДУНТ

Плугін А. А., д.т.н., проф., зав. каф. «Залізнична колія і транспортні споруди», Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)

Сєдін В. Л., д.т.н., проф., зав. каф. «Інженерна геологія і геотехніка», УДУНТ

Тімченко Р. О., д.т.н., проф., проф. каф. промислового, цивільного і міського будівництва, Криворізький національний університет

Ahmad Alkhdour, PhD, Al-Balqa' Applied University (Al-Salt, Jordan)

Stanisław Fic, д.т.н., проф., Politechnika Lubelska (Poland)

Mykola Sysyn, PhD, проф., Technische Universität Dresden (Germany)

Текст тез доповідей учасників Конференції подано мовою оригіналу в авторській редакції.

Офіційна наукова конференція з проблем вищої освіти і науки в системі Міністерства освіти і науки України на 2024 рік: лист Державної наукової установи «Інститут модернізації змісту освіти» від 13.09.2023 № 21/08-1560 «Про формування Переліку проведення наукових конференцій з проблем вищої освіти і науки у 2024 році».

## ЗМІСТ

МОДЕЛЮВАННЯ ВІТРОВОГО ТИСКУ ЗА БУДІВЕЛЬНИМ СТАНДАРТОМ ІНДІЇ <b>Банніков Д. О.</b> .....	8
НОРМУВАННЯ ОЦІНЮВАННЯ ЯКОСТІ ПРОЄКТУВАННЯ БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ В УКРАЇНІ <b>Банніков Д. О.</b> .....	11
НОРМУВАННЯ КЛАСИФІКАЦІЇ БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ В УКРАЇНІ <b>Банніков Д. О., Нікіфорова Н. А.</b> .....	13
МОНІТОРИНГ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ЦИЛІНДРИЧНИХ МЕТАЛЕВИХ СИЛОСІВ НА ПЕРІОД РЕЖИМУ ЇХ ОБМЕЖЕНОЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ <b>Винников Ю. Л., Харченко М. О., Кічасов О. С., Марченко В. І.</b> .....	15
РЕНОВАЦІЯ ТА ОБЛАШТУВАННЯ ТУНЕЛІВ МЕТРОПОЛІТЕНУ ЯК СПОРУД ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ <b>Гайко Г. І., Ган А. Л., Ган О. В., Вапнічна В. В.</b> .....	17
ЗАСТОСУВАННЯМ МЕТАЛЕВИХ ГОФРОВАНИХ КОНСТРУКЦІЙ ПІД ЧАС ВІДНОВЛЕННЯ ВОДОПРОПУСКАЛЬНИХ ТРУБ З ДОСЛІДЖЕННЯМ ПРОЦЕСУ ЗАПОВНЕННЯ МІЖТРУБНОГО КІЛЬЦЕВОГО ЗАЗОРУ <b>Гаркуша М. В.</b> .....	19
ВИКОРИСТАННЯ ГВИНТОВИХ ПАЛЬ ЗІ СПІРАЛЬНОЮ ЛОПАТТЮ (ГЕОШУРУПІВ) В БУДІВНИЦТВІ ФУНДАМЕНТІВ ІНЖЕНЕРНИХ СПОРУД <b>Ільницький І. М., Дубінчик О. І.</b> .....	22
СПОСОБИ ПІДВИЩЕННЯ ВИБУХОСТІЙКОСТІ МОСТОВИХ КОНСТРУКЦІЙ <b>Кузнєцов В. А., Пастухова С. В.</b> .....	24
ТЕХНОЛОГІЯ ПРОВЕДЕННЯ ПІДЗЕМНИХ ВИРОБОК (ТУНЕЛІВ) ПРОХІДНИЦЬКИМ КОМПЛЕКСОМ <b>Мінєєв С. П., Трохимець М. Я., Мальцева В. Є., Вялушкін Є. О., Янжула О. С.</b> .....	27
ВІДНОВЛЕННЯ ПРОЄКТНОЇ ВАНТАЖОПІДЙОМНОСТІ БАЛОК ПРОГОНОВИХ БУДОВ ПІД ЧАС ПРОВЕДЕННЯ КАПІТАЛЬНОГО РЕМОНТУ ШЛЯХОПРОВОДУ <b>Мірошник В. А., Тютюкін О. Л.</b> .....	30
КЕРУВАННЯ ВОДОПРИТОКАМИ В ГІРНИЧИХ ВИРОБКАХ ШАХТ І ТУНЕЛІВ <b>Пилипенко Ю. М., Ключев Е. С.</b> .....	33
ПОРІВНЯННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ РОЗРАХУНКІВ СТАЛЕВОГО БУНКЕРА ЗА НЕЛІНІЙНОЮ СХЕМОЮ <b>Положечко О. Ю., Банніков Д. О.</b> .....	35
КОМПОЗИЦІЙНИЙ МАТЕРІАЛ ДЛЯ РЕМОНТУ ТА ВІДНОВЛЕННЯ БЕТОННИХ СПОРУД <b>Трикоз Л. В., Зінченко О. С., Камчатна С. М., Пустовойтова О. М.</b> .....	38

ЗАКРІПЛЕННЯ ЗСУВОНЕБЕЗПЕЧНИХ СХИЛІВ ГВИНТОВИМИ ПАЛ'ЯМИ <b>Тют'якін О. Л., Кільдєєв В. Р.</b> .....	40
ОБҐРУНТУВАННЯ КОНСТРУКЦІЇ СТАНЦІЇ МЕТРОПОЛІТЕНУ ПЛОННОГО ТИПУ, ЩО ЗАСНОВАНЕ НА ВАРІЮВАННІ ЇЇ ПАРАМЕТРІВ <b>Тют'якін О. Л., Федоров К. Є.</b> .....	42
ВИЗНАЧЕННЯ ПРОФІЛІВ ОСІДАНЬ ОСНОВ ЗАЛІЗНИЧНИХ ТА АВТОДОРОЖНИХ НАСИПІВ, ГРЕБЕЛЬ ТА ДАМБ ІЗ ҐРУНТОВИХ МАТЕРІАЛІВ <b>Шаповал В. Г., Шашенко О. М., Скобенко О. В., Гапєєв С. М., Шумінський В. Д.</b> .....	44
ANALYSIS OF ROCK MASS GEODYNAMICS IN TERMS OF EMERGENCY HOSTEL BUILDING WITHIN THE TECHNOLOGICAL INFLUENCE OF THE AREA OF SUBWAY CONSTRUCTION <b>Sadovenko I. O., Dereviahina N. I., Bieliashov M. V.</b> .....	46

## МОДЕЛЮВАННЯ ВІТРОВОГО ТИСКУ ЗА БУДІВЕЛЬНИМ СТАНДАРТОМ ІНДІЇ

Банніков Д. О.\*

\*Український державний університет науки і технологій, м. Дніпро

*Dmytro Bannikov. Simulation of wind pressure according to Indian building standards.*

**Abstract.** This paper presents the general essence and features of the wind pressure model embedded in the current Indian standard. In general, the model will correspond to modern international approaches and is quite developed. In relation to the wind load model of the current standard of Ukraine, the wind speed is approximately twice as high, but the system of correction coefficients is 1.5 ... 2 times lower.

Вітрове навантаження було і залишається одним з основних видів навантажень на будівельні конструкції, незалежно від їх типу та місця географічного розташування. Особливо таке навантаження відчутно впливає на конструктивне рішення будівельних об'єктів в тих регіонах світу, де воно має високі значення. До таких регіонів відноситься Індія, розташована на узбережжі Індійського океану, де часто виникають шторми та урагани. Тому питання проектування будівельних конструкцій для цього регіону має обов'язково враховувати доволі точну картину вітрового впливу на будівельні конструкції. Особливо це актуально для елементів покриття будівель [1-3].

Основою при цьому є модель вітрового навантаження, яка закладається в нормативні документи певної країни світу. Відомо, що базовою формулою такої моделі є вираз [4]:

$$W = W_0 \cdot C_{aer} \cdot K.$$

В цей вираз включаються:

- вітровий тиск  $W_0 = 0,61 \cdot V_{сер}^2$ , який залежить від середньої швидкості вітру  $V_{сер}$  в певному географічному регіоні світу;
- аеродинамічний коефіцієнт  $C_{aer}$ , який враховує особливості взаємодії вітрового потоку із перешкодою;
- поправочний коефіцієнт  $K$  для врахування сукупності додаткових факторів.

Основним стандартом Індії, який визначає вітрове навантаження на будівельні конструкції є стандарт IS 875-3 [5]. Відповідно до нього середня швидкість вітру по території країни лежить в діапазоні 33-55 м/с. Для порівняння у вітчизняному стандарті ДБН В.1.2-2:2006 [6] закладено вітровий тиск, який відповідає середнім швидкостям вітру в діапазоні 25,6-31,4 м/с, що приблизно вдвічі нижче, ніж для умов Індії. Відмітимо також, що по шкалі адмірала Ф. Бофорта максимальна бальність вітру – 12 (ураган) – відповідає швидкості вітру від 29 м/с.

Стосовно аеродинамічного коефіцієнту стандарт Індії передбачає більш складний підхід, ніж вітчизняний стандарт. Замість одного коефіцієнту використовується різниця двох коефіцієнтів  $C_{pe} - C_{pi}$ . Перший є коефіцієнтом зовнішнього тиску, що фактично ближче до традиційного трактування аеродинамічного коефіцієнту. Другий є коефіцієнтом внутрішнього тиску, який враховує загальну площу поверхонь стін з можливим повітропониженням. Результати співставлення значень аеродинамічних коефіцієнтів для стандартів Індії та України на прикладі найпростішої прямокутної будівлі із розмірами в плані 50×20 м при висоті 12 м і куті нахилу скату покрівлі в 10° представлені в табл. 1 і 2. На рис. 1 наведено схему поверхонь, для яких визначено коефіцієнт. Як видно, значення коефіцієнту вітрового тиску можуть доволі суттєво відрізнятись, що виявляється дещо цікавим, адже фізична природа цього процесу має однаковий характер незалежно від географічного розташування країни.

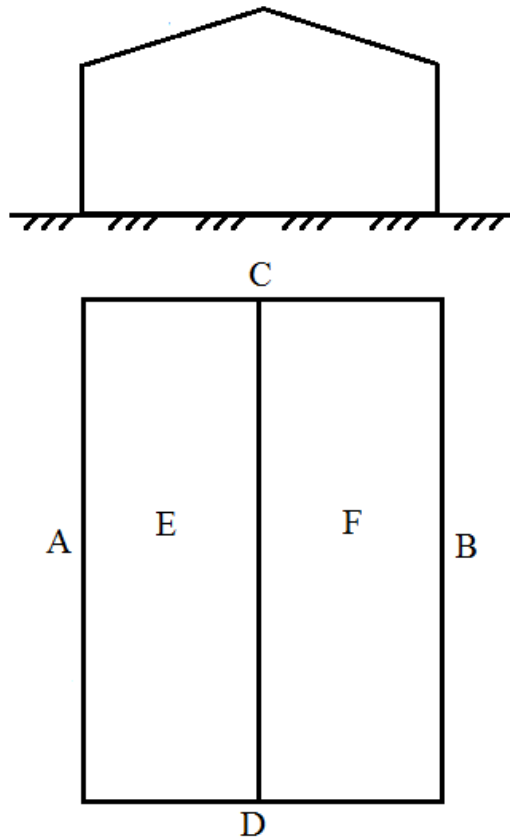


Рис. 1. Поверхні будівлі для визначення коефіцієнту вітрового тиску

Таблиця 1

Аеродинамічний коефіцієнт за стандартами Індії та України

Стандарт	Поверхня					
	A	B	C	D	E	F
IS 875-3	+0,70	-0,80	-0,70	-0,70	-1,10	-0,60
ДБН В.1.2-2:2006	+0,80	-0,52	-0,52	-0,52	-0,54	-0,42

Таблиця 2

Коефіцієнт вітрового тиску за стандартом Індії

Площа отворів, %	Поверхня					
	A	B	C	D	E	F
0	+0,70	-0,80	-0,70	-0,70	-1,10	-0,60
до 5 ( $\pm 0,2$ )	+0,90	-1,00	-0,90	-0,90	-1,30	-0,80
5-20 ( $\pm 0,5$ )	+1,20	-1,30	-1,20	-1,20	-1,60	-1,10
більше 20 ( $\pm 0,7$ )	+1,40	-1,50	-1,40	-1,40	-1,80	-1,30

Поправочний коефіцієнт для стандартів Індії та України визначається за наступними виразами, відповідно:

$$K_{ДБН} = \gamma_{fm} \cdot C_h \cdot C_{alt} \cdot C_{rel} \cdot C_{dir} \cdot C_d,$$

$$K_{IS} = k_1^2 \cdot k_2^2 \cdot k_3^2 \cdot k_4^2 \cdot k_d \cdot k_a \cdot k_c.$$

Опис призначення кожного з цих коефіцієнтів та діапазон їх можливого значення відповідно до стандартів Індії та України наведений в табл. 3. Також слід звернути увагу, що комбінація значень цих коефіцієнтів може бути довільною та суттєво залежить як від гео-

графічного місця розташування проектуємої будівельної конструкції, так і від архітектурно-конструктивних особливостей самої конструкції. В дужках подані верхні граничні значення, якими частіше за все обмежуються в практиці проектування.

Таблиця 3

Поправочні коефіцієнти за стандартами Індії та України

№	Фактор, що враховується	IS 875-3		ДБН В.1.2-2:2006	
		коефіцієнт	значення	коефіцієнт	значення
1	Строк експлуатації	$k_1$	0,67-1,08	$\gamma_{fm}$	0,55-1,45
2	Наявність перешкод вітровому потоку на поверхні ґрунту + зміна швидкості вітру по висоті (до 100 м)	$k_2$	0,80-1,26	$C_h$	0,60-2,70
3	Висота місця розташування над рівнем моря (до 1 000 м)	–	–	$C_{alt}$	1,00-2,00
4	Мікрорельєф поверхні ґрунту навколо будівлі	$k_3$	1,00-1,36	$C_{rel}$	1,00-1,60
5	Зміна потужності вітру по напрямках	$k_d$	0,90-1,00	$C_{dir}$	$\geq 1,00$
6	Вплив пульсаційної складової вітрового навантаження	–	–	$C_d$	0,90-1,15
7	Дія штормів та циклонів	$k_4$	1,00-1,30	–	–
8	Кореляція вітрового тиску	$k_a$	0,80-1,00	–	–
9	Взаємний вплив близько розташованих конструкцій	$k_c$	0,80-1,00	–	–

Таким чином, слід констатувати наявні розбіжності в моделюванні вітрового тиску за чинними стандартами Індії та України, що на практиці може призводити до зовсім нестандартних проектних рішень. Причому швидкості вітрового потоку за стандартом Індії виявляються приблизно вдвічі вищими, ніж для України. Натомість поправочний коефіцієнт в 1,5-2,0 рази нижчим, ніж для України. В результаті остаточний рівень вітрового тиску на будівельні конструкції виявляється в кількісному відношенні приблизно однаковим.

**СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ**

1. Bannikov D., Radkevich A., Nikiforova N. Features of the design of steel frame structures in India for seismic areas. *Materials Science Forum*, Vol. 968. – Trans Tech Publications LTD. 2019. P. 348-354.
2. Науково-технічні дослідження у галузі будівництва / Колективна монографія / заг. ред. Д. О. Банніков. Академія технічних наук України. – Івано-Франківськ : вид. Кушнір Г. М. 2022. Т1. 208 с.
3. Kruhlikova N. G., Bannikov D. O. Rational design of shot-span industrial building roof for reconstruction conditions. *Наука та прогрес транспорту*. 2019. Вип. 2 (80). С. 144-152.
4. Банніков Д. О., Радкевич А. В., Косячевська С. М. Зміни щодо нормативного визначення кліматичних навантажень і впливів на будівельні конструкції. *Наука та прогрес транспорту*. 2024. Вип. 1 (105), с. 92-104.
5. IS 875-3. Code of practice for design loads (other than earthquake) for buildings and structures. Part 3 – Wind loads : third rev., BIS. 2015. 58 p.
6. ДБН В.1.2-2:2006. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Навантаження і впливи. Норми проектування. Зі змінами № 1 та № 2. Чинний від 2007-01-01. Київ : Мінрегіонбуд України, 2006. 70 с.

## НОРМУВАННЯ ОЦІНЮВАННЯ ЯКОСТІ ПРОЄКТУВАННЯ БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ В УКРАЇНІ

Банніков Д. О.\*

\*Український державний університет науки і технологій, м. Дніпро

*Dmytro Bannikov. Standardization of design quality assessment of building structures in Ukraine.*

**Abstract.** The paper examines the issue of the situation in Ukraine with the standardization of estimation of the quality of design solutions for building structures. Information on the current standards and the information reflected in them are provided. The complexity and contradiction of the situation is emphasized.

Питання оцінювання якості в будівництві має доволі загальний характер, адже сама система будівельної галузі передбачає величезний комплекс робіт щодо проєктування, зведення та експлуатації різноманітних будівельних об'єктів. Тому однозначного підходу до цього питання на теперішній час не напрацьовано. Найбільш загальне трактування наведено в стандарті [1], який зорієнтований переважно на європейські підходи згідно зі стандартами ДСТУ ISO серії 9000.

Проте особливості вітчизняного будівельного виробництва, національних стандартів та існуючих проєктно-конструкторських шкіл накладають суттєві обмеження на використання європейських підходів та трактувань як самого поняття «якість будівництва», так і його практичної реалізації в Україні.

В частині виконання проєктних робіт питання якості постають особливо гостро, тому що від цієї частини життєвого циклу майбутньої будівельної конструкції в подальшому багато в чому буде залежати її зведення та експлуатація. Помилки та недосконалості саме на цьому етапі найчастіше складніше за все виправити і тому відношення до них має бути особливо прискіпливим [2-4].

Тому в Україні почала проводитись активна робота в цьому напрямку, зокрема був підготовлений проєкт стандарту [5] – рис. 1, а. Його основна ідея полягає у прагненні встановити кількісний критерій, який би дозволяв однозначно оцінити рівень якості проєкту будівельної конструкції. Текст стандарту зорієнтований на сталеві конструкції, проте сутність від цього не змінюється. Однак на практиці виявилось, що це питання є набагато більш багатограним та складним [6] і тому на протязі останніх років розробниками було підготовлено вже вісім (!) редакцій. Остання редакція [7] (рис. 1, б) враховує більшість наданих побажань та зауважень від проєктних організацій та приватних фахівців, проте основна проблема запропонованого розробниками підходу до оцінки якості проєктних робіт будівельних конструкцій так і залишилась не вирішена. Мабуть через це даний стандарт до тепер так і не отримав своєї остаточної редакції і не набув чинності.

Ця проблема полягає в ототожненні поняття матеріалоемність конструкції з її якістю. За задумом розробників підвищення коефіцієнту використання окремих конструктивних елементів відповідно до вимог чинних стандартів на проєктування водночас буде свідчити й про підвищення її якості. Однак реально це може свідчити тільки про підвищення економічності проєктного рішення. Якість при цьому взагалі залишається таким терміном, який фігурує тільки в назві самого стандарту і ніяким чином не роз'яснюється в його тексті. Натомість термін «якість» фактично підміняється терміном «ефективність», яке трактується як «Сукупність властивостей конструкції, яка дозволяє зменшити її загальну вартість, витрати при експлуатації, ремонті та утилізації у порівнянні з відповідними показниками іншої конструкції того самого призначення». І тут знов простежується суто економічна сторона питання, без врахування таких аспектів, як наприклад рівень безпеки або надійності конструкції, її довговічність або ефективність подальшої експлуатації тощо.



Рис. 1. Стандарт з оцінювання якості конструктивних рішень (проект):  
а – перша редакція; б – восьма редакція

Тому, на нашу думку, для впровадження національного стандарту з оцінки якості проектування будівельних конструкцій спершу все ж таки потрібно чітко та однозначно надати визначення самому терміну «якість» та окреслити коло тих характеристик конструкції, які потрібно при цьому приймати до уваги.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ДСТУ-Н Б А.3.1-24:2013. Настанова з організації системи управління якістю будівництва. Чинний від 2014-10-01. Вид. офіц. Київ : Мінрегіон України. 2014. 53 с.
2. Науково-технічні дослідження у галузі будівництва / Колективна монографія / заг. ред. Д. О. Банніков. Академія технічних наук України. – Івано-Франківськ : вид. Кушнір Г. М. 2022. Т1. 208 с.
3. Bannikov D. O. Analysis of the causes of accidents of steel capacitive structures for bulk materials. *Metallurgical and Mining Industry*. 2011. Vol. 3, No. 5. P. 243-249.
4. Bannikov D., Kazakevitch M. Features of Failures of Steel Bunkers (of pyramidally-prismatic type). *Theoretical Foundations of Civil Engineering*. Warsaw: Warszawskiej Politechnik. 2002. Vol. II. С. 650-657.
5. ДСТУ XXXX. Конструкції сталеві будівельні. Настанова з оцінювання якості конструктивних рішень (проект, перша редакція). Київ : ДП «УкрНДНЦ». 2020. 38 с.
6. Банніков Д. О., Гезенцевей Ю. І. Оцінка якості проектування конструктивних рішень сталевих будівель і споруд. *Мости та тунелі: теорія, дослідження, практика*. 2023. № 23. С. 28-36.
7. ДСТУ XXXX. Конструкції сталеві будівельні. Настанова з оцінювання якості конструктивних рішень (проект, восьма редакція). Київ : ДП «УкрНДНЦ». 202X. 40 с.

# НОРМУВАННЯ КЛАСИФІКАЦІЇ БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ В УКРАЇНІ

Банніков Д. О.\*, Нікіфорова Н. А.\*

\*Український державний університет науки і технологій, м. Дніпро

*Dmytro Bannikov, Nataliia Nikiforova. Standards for classification of transport structures in Ukraine.*

**Abstract.** The paper examines the issue of the situation in Ukraine with the standardization of classifications of building structures. Information on the current standards and the information reflected in them are provided. The complexity and contradiction of the situation is emphasized. Proposals regarding the improvement of the situation and the priority tasks that must be solved in this direction are provided.

Питання класифікації будівельних конструкцій в Україні взагалі і транспортних конструкцій зокрема в теперішній час має цілком неупорядкований характер. І це пов'язано не тільки і не стільки із подіями останніх років, а має більш глибокий та системний характер.

Система нормативних стандартів України, яка перейшла в її спадок у зв'язку із набуттям незалежності в 1991 році, сама мала цілу низку внутрішніх суперечностей і неупорядкованостей, а то й відвертих помилок в частині класифікації будівельних конструкцій. Існували окремі стандарти або їх групи, які подавали рекомендації стосовно окремих видів конструкцій, проте повної цілісної картини сформовано не було [1, 2].

Надалі був підготовлений спеціальний Державний класифікатор ДК 018-2000 [3] – рис. 1, а. Проте основною його недосконалістю виявилось деяке непорозуміння із термінологією. Так, традиційно в будівництві виділяють окремо «будівлі» та «споруди». Перші передбачають довготривале перебування людей, другі – короткотривале. В класифікаторі ДК 018-2000 подано таке визначення:

«Споруди – це будівельні системи, пов'язані з землею, які створені з будівельних матеріалів, напівфабрикатів, устаткування та обладнання в результаті виконання різних будівельно-монтажних робіт»;

«Будівлі – це споруди, що складаються з несучих та огорожувальних або сполучених (несуче-огорожувальних) конструкцій, які утворюють наземні або підземні приміщення, призначені для проживання або перебування людей, розміщення устаткування, тварин, рослин, а також предметів».

Такі трактування скоріше заплутують ситуацію, ніж покращують її. До того ж так і не зрозумілим залишається термінологія «будівельна конструкція».

Інші «слабкі» місця класифікатора ДК 018-2000 більш детально відображені в роботах [1, 2]. Можливо через це, а можливо зважаючи на наявні зміни в галузі будівництва останніх десятиріч, був підготовлений та введений в практику новий вдосконалений варіант Національного класифікатора НК 018:2023 [4] – рис. 1, б. Відразу зазначимо, що як попередня редакція Класифікатора, так і його нова редакція призначені тільки в непрямій формі для галузі будівництва. Так в переліку завдань, на вирішення який спрямований Класифікатор вказано:

«-проведення робіт із перепису, оцінки та переоцінки вартості і стану будівель та споруд».

Проте якщо класифікації будівель і споруд під час проектних робіт та під час їх подальшої експлуатації різняться, то яким чином взагалі можливо упорядкування цього питання? Тому на наш погляд, *основною і первісною задачею* стосовно подальшого вдосконалення системи класифікації будівельних конструкцій в Україні має бути створення спеціалізованого Будівельного класифікатора на базі існуючих Класифікаторів ДК 018-2000 та НК 018:2023.

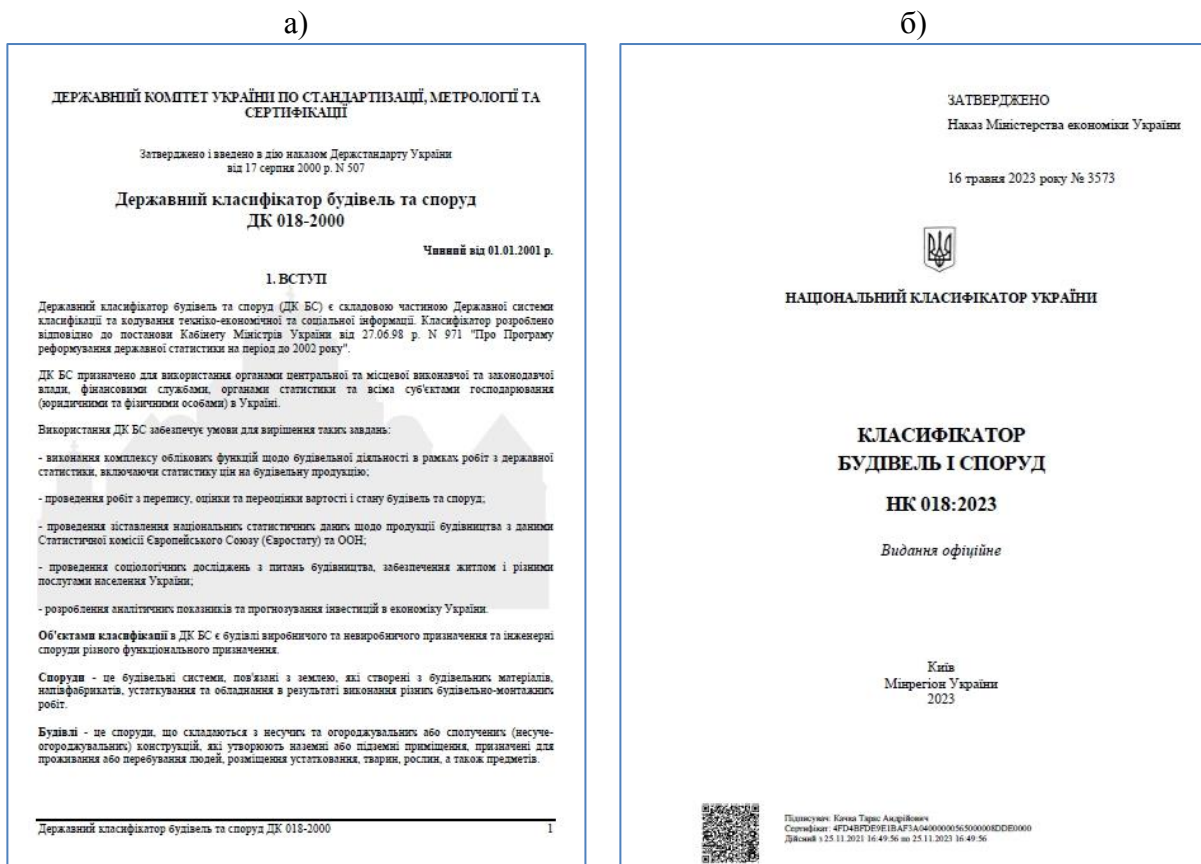


Рис. 1. Національні класифікатори будівель і споруд України:  
 а – відмінений ДК 018-2000; б – чинний НК 018:2023

*Наступною задачею* в цьому напрямку є впорядкування термінології стосовно таких понять як «будівельна конструкція», «будівля», «будова», «споруда», «будівельний об'єкт» тощо. Адже навіть новий Класифікатор не прояснює ситуацію, а навіть в деяких аспектах її ще більше заплутує, надаючи такі визначення:

«Споруди – структури, пов'язані із землею, які створені з будівельних матеріалів і комплектуючих та/або для яких виконуються будівельні роботи. У цьому відношенні підготовка ґрунту, посадка або посів тощо для сільськогосподарських цілей не вважаються спорудами»;

«Будівлі – це криті споруди, які можуть використовуватися окремо, побудовані для постійних цілей, які утворюють наземні або підземні приміщення, призначені для проживання або перебування людей, розміщення устаткування, тварин, рослин, а також предметів».

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Банніков Д. О., Нікіфорова Н. А., Косячевська С. М. Сучасний стан класифікації транспортних будівельних конструкцій в Україні. *Мости та тунелі: теорія, дослідження, практика*. 2022. № 21, с. 35-43.
2. Науково-технічні дослідження у галузі будівництва / Колективна монографія / заг. ред. Д. О. Банніков. Академія технічних наук України. – Івано-Франківськ : вид. Кушнір Г. М. 2022. Т1. 208 с.
3. ДК 018-2000. Державний класифікатор будівель та споруд. Скасований 2024-01-01. Київ : Держстандарт України, 2000. 83 с.
4. НК 018:2023. Національний класифікатор України. Класифікатор будівель і споруд НК. Чинний від 2024-01-01. Вид. офіц. Київ : Мінрегіон України. 2023. 17 с.

# МОНІТОРИНГ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ЦИЛІНДРИЧНИХ МЕТАЛЕВИХ СИЛОСІВ НА ПЕРІОД РЕЖИМУ ЇХ ОБМЕЖЕНОЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

Винников Ю. Л.\*, Харченко М. О.\*, Кічасов О. С.\*, Марченко В. І.\*\*

\*Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»,

\*\*ТОВ «Науково-технічне підприємство «АЛЬМАГРУП», м. Полтава

*Yuriy Vynnykov, Maksym Kharchenko, Oleksii Kichasov, Valentyn Marchenko. Monitoring the technical condition of cylindrical metal silos during their limited operation mode.*

**Abstract.** In the process of operating metal grain silos, their technical condition can deteriorate, necessitating major repairs. Conducting monitoring during the repair period is a way to prevent accidents. The authors conducted observations of the technical condition of a group of grain silos and identified the possibility of extending their safe operational period.

Металеві циліндричні силоси – основний вид споруд для довготривалого зберігання зерна. В нашій країні активне будівництво споруд цього типу почалось близько 20 років тому, тобто термін експлуатації багатьох з них вже наближається до свого проектного обмеження, що орієнтовно дорівнює 30 років [1]. На цьому етапі життєвого циклу значна кількість силосів вже мають проблеми з нормальною експлуатацією, які найчастіше проявляються у вигляді необхідності проведення підсилень (або капітальних ремонтів) фундаменту споруди чи зміцнення її основи. Потребу у проведенні такого комплексу робіт визначають за результатами технічного обстеження. Однак початок робіт з відновлення експлуатаційної придатності споруди може бути відкладено у часі через технічні, організаційні чи інші чинники. Тому до початку відновлюваних робіт або до моменту виведення споруди з експлуатації передбачено можливість використання даного об'єкта за режимом обмеженої експлуатації [2], який передбачає необхідність контролю за станом конструкцій і рівнем прикладених навантажень [3].

Наприкінці 2022 р. авторами проведено обстеження технічного стану групи з 6 силосів діаметром 23,78 м і місткістю 6000 т зерна кожен (схему розміщення подано на рис. 1), в ході якого виявлено численні поперечні тріщини та замокання конструкцій у підземних галереях, а також нерівномірні осідання кільцевого фундаменту й плити днища.

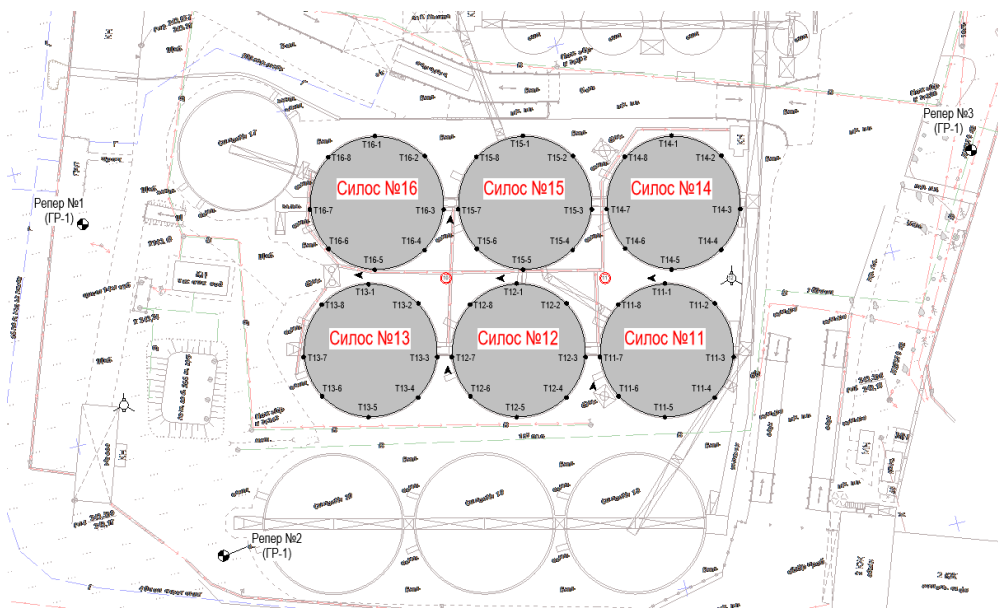


Рис. 1. Схема розміщення групи силосів

Головною причиною виявлених дефектів визначено замокання природної основи фундаментів, складеної до глибини 7,2 м лесовими просадочними суглинками. При цьому замокання відбувалось одночасно «зверху» крізь дефекти у вимощенні та внаслідок неправильного планування прилеглої території (в напрямку до силосу), а також «знизу» – за рахунок витоків із водонесучих мереж (водогонів і пожежних резервуарів) тощо.

За результатами обстеження, зокрема, встановлено, що силоси перебували в непридатному до нормальної експлуатації стані, при цьому вирішено продовжити їх використання в обмеженому режимі експлуатації з неповним рівнем навантажень у силосах №13 і №16 до 80% від максимального [4]. Програма спостережень за силосами у режимі обмеженої експлуатації передбачала капітальний ремонт пошкоджених ділянок стрічкового фундаменту і підсилосної галереї, а також перепланування території та повну заміну вимощення на ділянці групи силосів, що максимально унеможливило подальше замокання просадочного масиву. Одночасно закладено тимчасову мережу геодезичного спостереження. При розробці програми спостережень було також враховано іноземний досвід проведення аналогічного моніторингу [5, 6].

Тимчасова геодезична мережа передбачала влаштування групи ґрунтових реперів, які було ув'язано з постійними реперами на території підприємства. Також зафіксовано точки спостережень за деформаціями за периметром силосів (8 точок на кожен силос). Спостереження проводили з періодичністю в середньому раз на пів року.

Отримані результати протягом перших декількох циклів спостережень показали, що осідання надземної частини є відносно рівномірними. Водночас не зафіксовано розкриття «старих» тріщин у підземних конструкціях фундаментів. З цього можливе узагальнення про певну стабілізацію розвитку осідань і зменшення їх нерівномірності за периметром силосів відносно дати початку проведення спостережень.

Таким чином, зроблено висновок про можливість подовження терміну експлуатації споруд в обмеженому режимі з продовженням спостережень. Також при натурних спостереженнях отримано нові дані, які дають можливість уточнити параметри розрахункової моделі для визначення особливостей зміни напружено-деформованого стану системи «просадна ґрунтова основа – фундамент – металевий силос».

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ДБН В.1.2-14:2018. Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель і споруд із Зміною №1. На заміну ДБН В.1.2-14-2009; чинний від 2022-09-01. Вид. офіц. Київ: Мінрегіон України, 2022. 35 с.
2. ДСТУ-Н Б В.1.2-18:2016. Настанова щодо обстеження будівель і споруд для визначення та оцінки їх технічного стану. Чинний від 02.07.2016. Вид. офіц. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2017. 45 с.
3. ДСТУ-Н Б В.1.2-17:2016. Настанова щодо науково-технічного моніторингу будівель і споруд. Чинний від 01.04.2017. Вид. офіц. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2017. 38 с.
4. Винников Ю., Харченко М., Марченко В., Кічасов О. Аналіз експлуатаційної придатності фундаментів споруд для зберігання зерна. *Основи та Фундаменти / Bases and Foundations*, №46. С. 63-72. URL: <https://doi.org/10.32347/0475-1132.46.2023.63-72> (дата звернення: 14.09.2024).
5. Brownjohn J. M. W. Structural health monitoring of civil infrastructure. *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*. 2006. Vol. 365, no. 1851. P. 589–622. URL: <https://doi.org/10.1098/rsta.2006.1925> (дата звернення: 14.09.2024).
6. Beshr A. A. E.-W. Structural Data Analysis for Monitoring the Deformation of Oil Storage Tanks Using Geodetic Techniques. *Journal of Surveying Engineering*. 2014. Vol. 140, no. 1. P. 44–51. URL: [https://doi.org/10.1061/\(asce\)su.1943-5428.0000120](https://doi.org/10.1061/(asce)su.1943-5428.0000120) (дата звернення: 14.09.2024).

# РЕНОВАЦІЯ ТА ОБЛАШТУВАННЯ ТУНЕЛІВ МЕТРОПОЛІТЕНУ ЯК СПОРУД ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ

Гайко Г. І.\*, Ган А. Л.\*, Ган О. В.\*, Вапнічна В. В.\*

\*КПІ ім. Ігоря Сікорського, м. Київ

*Hennadii Haiko, Anatolii Han, Olena Han, Viktoriia Vapnichna.* Renovation and use of metro tunnels as a civil defense buildings.

**Abstract.** This article explores design solutions and methods of using dual-purpose structures based on existing metro tunnels. Possibilities of reconstruction and equipment of inactive tunnels to use their protective functions against airstrikes are being considered. Constructive solutions, technology and organization of work are shown.

В умовах воєнного стану в Україні гостро постало питання захисту цивільного населення та критичної інфраструктури від ударів з повітря. У зв'язку з цим, виникла потреба у широкому освоєнні міського підземного простору з метою створення нових та використання існуючих підземних споруд як об'єктів цивільного захисту, у багатьох випадках – застосування їх як споруд подвійного призначення [1, 2]. Технічні рішення щодо реновації та адаптації таких об'єктів до функції захисту цивільного населення є актуальними питаннями підземного будівництва.

Перспективним напрямком для використання об'єктів метрополітену як споруд цивільного захисту є реновація та облаштування не задіяних у транспортних та допоміжних операціях тунелів, які можуть значно збільшити місткість підземних сховищ та покращити умови перебування людей. Зазвичай окремі недіючі тунелі метрополітену відгороджуються, зачиняються та консервуються на невизначений час [3]. Сьогодні доцільно інвентаризувати такі підземні споруди та на основі визначеного технічного стану провести необхідні заходи щодо їх реновації та облаштування з урахуванням вимог та потреб цивільного захисту [4]. Приклад такого тунельного сховища Київського метрополітену наведено на рис. 1.

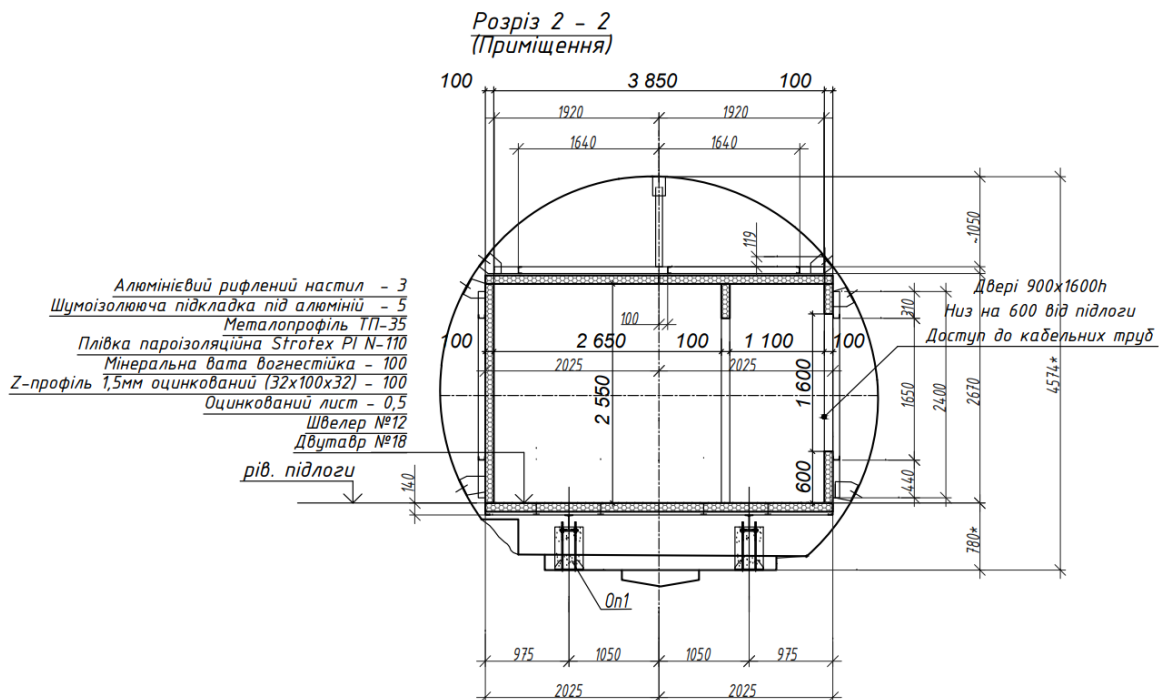


Рис. 1. Схема облаштування тунелю метрополітену з урахуванням потреб цивільного захисту

Укриття для населення заплановане у двох недіючих паралельних тунелях відстань між якими становить 20 м, діаметр – 4,1 м, довжина – 1000 м, глибина закладання – 70...100 м. Реновація передбачає перекріплення існуючих ходків між тунелями та будівництво додаткових. Тунелі облаштовуються спеціальними приміщеннями для перебування людей та прохідною галереєю (див. рис. 1). Стеля, стіни, перегородки приміщень цивільного захисту складаються з сандвіч панелей товщиною 100 мм, вхід у галерею (коридор) та приміщення забезпечується протипожежними дверима. Підлога спирається на опори й складається: з алюмінієвого рифленого настилу завтовшки 3 мм; під ним знаходиться шумоізолювальна підкладка під алюміній завтовшки 5 мм; далі металопрофіль ТП-35; плівка пароізоляційна Strotex PI N-110; мінеральна вата вогнестійка – 100 мм; Z-профіль 1,5 мм оцинкований (32100×32) – 100 мм; оцинкований лист – 0,5 мм; швелер №12 та двотавр №18. Система приміщень, розташованих в тунелях метрополітену з урахуванням потреб цивільного захисту, може функціонувати автономно і включати в себе всі необхідні інженерні системи та містить: вентиляційну камеру, електрощитову, кімнати відпочинку, санвузли, насосну, кухню тощо.

Водночас, особливу увагу необхідно приділити організації робіт з транспортування та розвантаження габаритних вантажів в умовах діючого метрополітену. Отже, при виконанні робіт з реконструкції тунелів виникне потреба в доставці та розвантаженні габаритного (вагою 1,2...4 т.) обладнання (трансформатори, вентилятори, чіллери, тощо). Зважаючи на стиснені умови праці, варіанти по розвантаженню вище наведених вантажів дуже обмежені. Розглянемо можливий порядок виконання робіт:

- спочатку виконати монтаж підвісного кріплення: закріпити через отвори для болтового кріплення чавунних тюбінгів дві монтажні скоби на двох суміжних кільцях; перед кріпленням скоб через них протягнути розподільчий ланцюг та підвісити ручну таль вантажопідйомністю не менше 5 тон;
- потім виконати стропування вантажу: при доставці вантаж стропується на площадці мотовозу;
- піднімання вантажу на мотовозі здійснюється за допомогою ручної талі: попередньо вантаж піднімається на мінімальну висоту (2...5 см) щоб впевнитись про відсутність деформацій, потім піднімається на 30 см та мотовоз від'їжджає;
- опустити вантаж на тимчасову опорну раму: попередньо під вантажем здійснюється монтаж тимчасової опорної рами з дерев'яних підкладок або піддонів та паралельно змонтованих швелерів; потім, за допомогою драбини, ручною таллю опускається вантаж на змонтовану тимчасову раму.
- на останньому етапі, виконати доставку: на рамі вантаж стропується текстильними стропами та за допомогою лебідки переміщається до місця призначення.

Таким чином забезпечується доставка габаритного обладнання під час реновації та утворюється сховище цивільного захисту, здатне розмістити на тривалий час у відносно комфортних умовах декілька сотень людей, надійно захищаючи їх (завдяки значній глибині закладання тунелів та використанню ефективних конструкцій опор) від будь-якої комбінації повітряних ударів конвенційної зброї.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Панкратова Н. Д., Гайко Г. І., Савченко І. О. Розвиток підземної урбаністики як системи альтернативних проектних конфігурацій: Монографія. – Київ : Наукова думка, 2020. – 134 с.
2. Кравець В. Г., Гайко Г. І., Ган А. Л., Ган О. В., Шайдецька Л. В. Геоінженерія мегаполіса: підземна урбаністика: підручник. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, Вид-во «Політехніка», 2024. – 660 с.
3. Козлов К. П. Київський метрополітен: Хронологія. Події. Факти. – Київ : ВАРТО, 2011. – 256 с.
4. ДБН В.2.2-5:2023. Захисні споруди цивільного захисту. Київ : Міністерство розвитку громад, територій та інфраструктури України, 2023. – 123 с.

# ЗАСТОСУВАННЯМ МЕТАЛЕВИХ ГОФРОВАНИХ КОНСТРУКЦІЙ ПІД ЧАС ВІДНОВЛЕННЯ ВОДОПРОПУСКАЛЬНИХ ТРУБ З ДОСЛІДЖЕННЯМ ПРОЦЕСУ ЗАПОВНЕННЯ МІЖТРУБНОГО КІЛЬЦЕВОГО ЗАЗОРУ

Гаркуша М. В.\*

\*Національний транспортний університет, м. Київ

*Mykola Harkusha. Using Metal Corrugated Structures During Restoration of Water Pipes with Study the Process of Filling the Inter-Pipe Ring Gap.*

**Abstract.** Restoring the bearing capacity of defective culverts by installing an additional metal corrugated structure in it is one of the simplest and cheapest types of repair. The work presents the main approaches to the restoration of culverts. The analysis of the study of the ultimate shear stress of the sand-cement mixture was performed.

В останні роки відновлення несної здатності дефектних водопропускальних труб шляхом установки в ній додаткової металевої гофрованої конструкції (МГК) максимально можливого діаметра і заповнення утворених порожнеч між МГК та трубою цементно-піщаним розчином є одним із найпростіших та найдешевших видів ремонту пошкоджених споруд [1, 2].

Так, наприклад, у 1983-1984 роках Департамент транспорту Оклахоми (США) замінив понад 40 корозійних сталей труби методом гільзування [3]. У 2007 році Міністерство транспорту штату Делавер виявило недоліки залізобетонної труби під великою магістраллю у Вілмінгтоні, штат Делавер, без зупинки руху автомобілів було виконано ремонтні роботи, що дало можливість заощадити майже 1000000 доларів США порівняно з виконанням робіт по її заміні [4].

Відновлення водопропускальних труб з металевих гофрованих конструкцій проводиться відповідно до проєкту, вимог технічних регламентів та нормативних документів для забезпечення довготривалого захисту земляного полотна від негативного впливу витрат води, що пропускаються через водопропускальну трубу. Ремонтні методи гільзування піддаються труби, звуження отвору яких не вплине на пропуск необхідного водного потоку, що не втратили несної здатності і мають такі дефекти:

- порушення гідроізоляції;
- відхилення геометричного положення елементів труби більш ніж на 3 % від її діаметра.

Метод гільзування дозволяє:

- проводити ремонтні роботи без зупинки руху транспортних засобів автомобільною дорогою (без влаштування тимчасових об'їздів);
- вирішити задачу ремонту водопропускних труб у стиснених умовах;
- зменшити терміни ремонту (до двох робочих днів);
- зменшити вартість ремонту;
- збільшити міцнісні та експлуатаційні характеристики дефектної труби;
- гарантувати термін експлуатації до 50 років;
- усунути протікання труби;
- відновити водопропускну здатність дефектної труби.

При підборі діаметра секцій МГК необхідно забезпечити мінімальне звуження внутрішнього аварійного діаметру споруди.

Перед початком проєктування відновлення водопропускальних труб з МГК необхідно

провести оцінку стану водопропускальної труби, що підлягає ремонту. Оцінка має містити такі етапи:

- збір інформації, що є в технічній документації та документації на проведення ремонтних робіт;
- натурний огляд;
- вимірювання геометричних розмірів оголовків і поперечного перерізу труби, її довжини, а також величин дефектів та деформацій;
- уточнення стану та характеристик ґрунту в за трубній порожнині;
- визначення характеристик міцності матеріалу труби (за потреби);
- виконання інженерно-геологічних робіт з дослідження насипу та основи;
- проведення гідрологічних розрахунків з урахуванням звуження отвору труби.

До ремонтних робіт дозволяється приступати за наявності проєктної та робочої документації, розробленої відповідно до вимог, та виконаного на її основі ПВР.

До складу основних робіт під час відновлення водопропускальних труб з МГК відносяться роботи, що складаються з наступних технологічних операцій:

- комплекс підготовчих робіт;
- монтаж секцій внутрішньої труби загальною довжиною до 30 м, при довжині труби понад 30 м з використанням внутрішніх розпірних бандажів або іншого способу стикування секцій. Установку секції проєктне положення здійснюють розклинюванням або за допомогою розпірних болтів; після затвердіння цементобетонної суміші внутрішній бандаж допускається зняти [1, 2];
- омонолічування міжтрубного простору.
- омонолічування міжтрубного простору;
- влаштування лотка.

Секції МГК для відновлювання водопропускальних труб повинні стикуватися одна з одною за допомогою з'єднувальних бандажів, які не виступають за зовнішній діаметр труби.

На будівельний майданчик МГК і бандажі для з'єднання повинні поставлятися скомплектованими. Рекомендовано щоб бандажі були заздалегідь змонтована на одному з кінців труби. З'єднувальні бандажі повинні бути виготовлені з оцинкованої сталі.

Бандажі для забезпечення герметичності повинні мати ущільнювальну манжетку з мастик гідроізоляційних, бутилкаучукові і бітумно-бутилкаучукові, ущільнювач з гуми EPDM, SBR або інший матеріал, що забезпечує герметичність.

Організація будівництва, підготовка до нього, будівельні роботи, а також контроль якості та нагляд повинні виконуватися з дотриманням вимог нормативних документів.

Роботи необхідно виконувати в теплий період року за температурах від 5 °С до 40 °С. Особливості виконання робіт у зимовий період мають бути додатково обумовлені у ПВР.

Після завершення основних робіт з відновлення на території, зайнятій будівництвом, повинні бути ліквідовані всі тимчасові споруди та проведена передбачена проєктом рекультивация (ліквідація допоміжних споруд, призначених для відведення води; планування та зміцнення русла; зміцнення укосів насипу біля оголовків труб; благоустрій території).

Під час заповнення міжтрубного простору перевагу надають цементно-піщаним розчинам.

Визначення поведінки цементно-піщаних розчинів під час перекачування залежить від показників динамічної в'язкості  $\eta$  та граничного напруження зсуву  $\tau_0$ , що являються основними фізико-механічними властивостями. Величини  $\eta$  та  $\tau_0$  відносяться до теоретичних залежностей для визначення гідравлічного опору руху цементно-піщаного розчину в міжтрубному кільцевому зазорі.

На рис. 1, 2 наведено граничне напруження зсуву  $\tau_0$  в залежності від водо-цементного співвідношення.

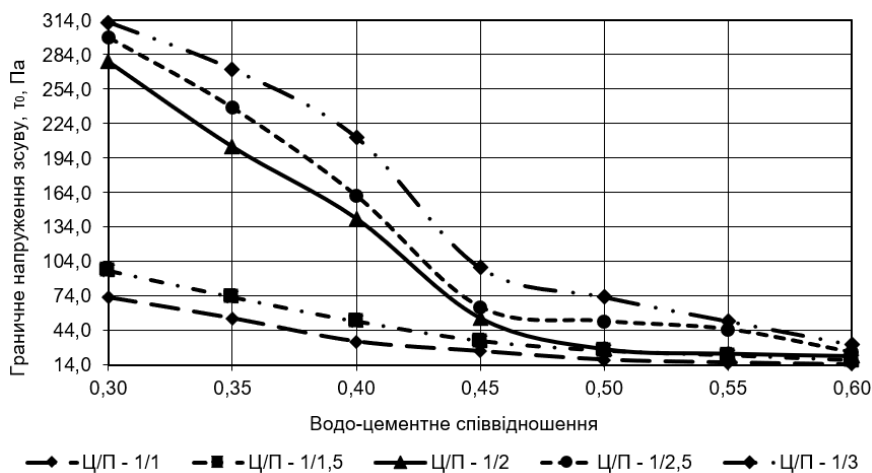


Рис. 1. Залежність граничного напруження зсуву цементно-піщаного розчину

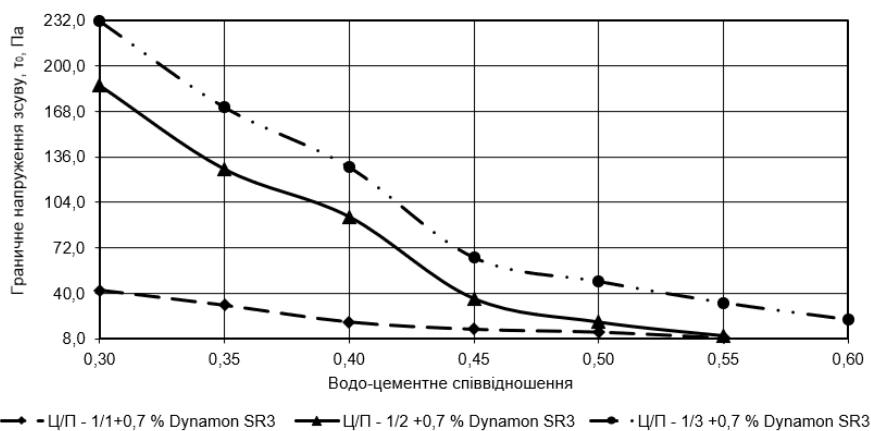


Рис. 2. Залежність граничного напруження зсуву цементно-піщаного розчину

Таким чином, встановлено, що одним із перспективних способів ремонту дефектних водопропускальних труб є установка додаткової металевої гофрованої конструкції максимально можливого діаметра і заповнення утворених порожнеч між МГК та трубою цементно-піщаним розчином.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Гаркуша М. В. Аналіз перспективи застосування ремонту, методом гільзування, водопропускних труб, як різновиду гідротехнічних споруд транспортного будівництва / Онищенко А. М., Гаркуша М. В. // Сучасні технології та досягнення інженерних наук в галузі гідротехнічного будівництва та водної інженерії: зб. наук. пр. – Херсон: ХДАЕУ, 2021. – Вип. 3. – С. 147 – 150
2. Онищенко А. М., Гаркуша М. В., Клименко М. І., Гаркуша І. Ю. Дослідження та аналіз технології відновлення гідротехнічних споруд транспортного будівництва з дорожніх водопропускних труб методом гільзування. Дороги і мости. Київ, 2023. Вип. 28. С. 203 – 220. DOI: <https://doi.org/10.36100/dorogimosti2023.28.203>.
3. James D. Schall, Philip L. Thompson, Steve M. Zerges, Roger T. Kilgore and Johnny L. Morris. Hydraulic design of highway culverts. 2nd ed. FHWA-NHI-01-020. HDS No. 5. 2001. URL: <https://www.fhwa.dot.gov/engineering/hydraulics/pubs/12026/hif12026.pdf>.
4. Thomas S. Walsh (2011). Journal of ASTM International Selected Technical Papers STP 1528 Plastic Pipe and Fittings: Past, Present, and Future. ASTM International 100 Barr Harbor Drive PO Box C700 West Conshohocken. 404 p.

# ВИКОРИСТАННЯ ГВИНТОВИХ ПАЛЬ ЗІ СПІРАЛЬНОЮ ЛОПАТТЮ (ГЕОШУРУПІВ) В БУДІВНИЦТВІ ФУНДАМЕНТІВ ІНЖЕНЕРНИХ СПОРУД

Ільницький І. М.\*, Дубінчик О. І.\*

\*Український державний університет науки і технологій, м. Дніпро

*Ihor Ilytskyi, Dubinchyk Olga. The use of screw piles with a spiral blade (geoscrews) in the construction of the foundations of engineering structures.*

**Abstract.** In the construction of foundations, multi-screw piles with a spiral blade are used as piles, the so-called "geoscrews" are a round cross-section rod with a continuous blade in the form of a spiral arranged on the outer surface. The framework is made of monolithic reinforced concrete, has a rigid connection with pile heads and appropriate reinforcement.

На сьогоднішній день існує широка практика застосування різних технологічних рішень в створенні фундаментів будівель і споруджень. Це фундаменти на природній основі, пальові і комбіновані фундаменти, стрічкові, або на суцільній плиті. За матеріалами, насамперед, – це залізобетонні конструкції.

Для більш легких, або менш відповідальних споруд, використовують більш легкі і не такі масивні рішення: фундаменти на гвинтових палях з металевими ростверками. Це фундаменти стендів сонячних електростанцій, річкових пірсів, для легких каркасних чи модульних приватних будинків тощо.

Займаючись науковою діяльністю і проектуванням фундаментів виникає питання: якого результату можливо досягти, поєднавши рішення цих двох принципово різних концепцій? Даною тезою ми хочемо звернути увагу на можливість поєднання роботи двох різних конструкцій фундаменту – це багатогвинтові металеві палі і монолітний залізобетонний ростверк.

В якості прикладу, як вже реалізованої конструкції з таким рішенням, пропонується об'єкт реконструкції – заміна опори повітряних ліній електропередач. Відбулась заміна існуючого фундаменту на новий, разом з опорною, безпосередньо на місці розташування старої опори.

Принципово зазначене рішення полягає в наступному. В якості палі застосовуються багатогвинтові палі зі спіральною лопаттю, так звані «геошурупи» – стрижні круглого перетину з влаштуванням на зовнішній поверхні безперервної лопаті у вигляді спіралі (рис. 1). Виготовляються такі палі з металу та є одним з різновидів гвинтових палей. Використовувались палі діаметром 76 мм, виготовлені з металеві труби відповідного діаметру, а спіральна лопать має ширину 15 мм. Загальна довжина палі складає 6 м.

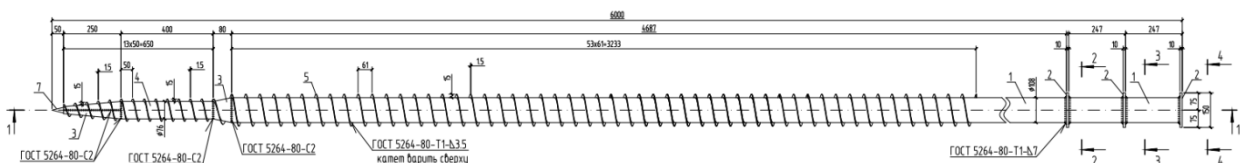


Рис. 1. Багатогвинтова палія зі спіральною лопаттю

Ростверк виконується з монолітного залізобетону, має жорстке з'єднання з оголовками палей і відповідне армування. Також в конструкції ростверку передбачено закладний блок анкерних болтів, що в свою чергу, обумовлює рішення щодо монолітної конструкції ростверку.

На рис. 2 відображено геологічний розріз з реальними габаритами всієї конструкції. Запурення палей відбувалося в пісок щільний і середньої щільності, з поверхні попередньо виритого котловану між фундаментами існуючої опори ЛЕП. У зв'язку з тим, що новий

фундамент повинен був бути побудований в середині опори між існуючими фундаментами, цей фактор визначив форму нового ростверку, плитна частина якого в плані виконана у вигляді хреста.

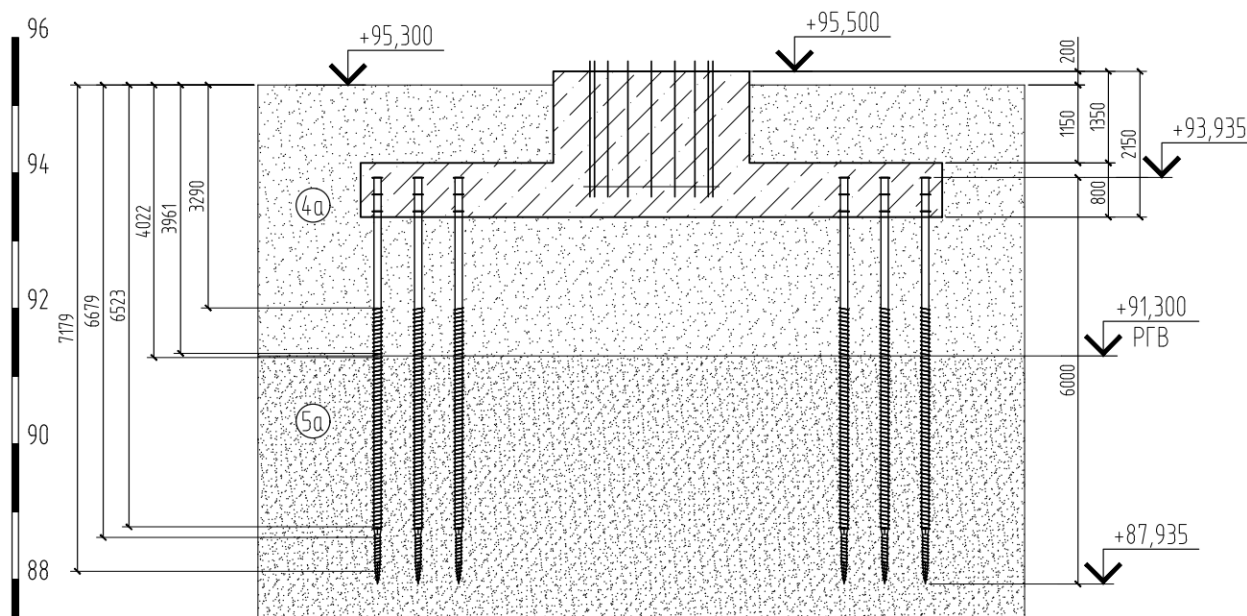


Рис. 2. Пальовий фундамент із геошурпів

Необхідність розробки такого рішення була обумовлена дуже коротким лімітом часу знеструмлення діючої лінії на будівельні роботи по заміні фундаментів і опори в цілому. Тому, дякуючи такому, не стандартному, але дієвому рішенню, будівництво фундаменту і набір міцності бетону відбулися без необхідності знеструмлення, а подальша заміна металевої опори і встановлення дротів самої лінії вже вдалося здійснити в ліміті часу на знеструмлення.

За результатами ретельного проектування і реалізації будівельних робіт, які відбувалися з поточними випробуваннями паль на їх несучу спроможність, був побудований фундамент з встановленою на нього опорою і наведеними лініями електричних передач.

Нажаль, не можливо розробити типові рішення, або навіть типові пропозиції щодо застосування такої конструктивної схеми для споруд різного призначення через те, що цей напрямок тільки розвивається в проектуванні і будівництві, а це означає, що певний час відповідно для кожного окремого випадку буде своє індивідуальне рішення.

Принципово наведений приклад показав, що подібні рішення цілком робочі, вони зрозумілі і в рамках цієї конференції, базуючись навіть тільки на цьому прикладі, стає можливим сформулювати деякі висновки і подальшу стратегію застосування такого напрямку в проектуванні і будівництві фундаментів і основ мостів, будинків та об'єктів енергетики.

Базуючись на досвіді наведеного прикладу, стає можливим зробити конкретні позитивні висновки застосування багатогвинтових паль зі спіральною лопаттю (геошурпів) в складі пальових фундаментів:

- за результатами випробувань на стискаюче навантаження, палі такої конструкції показали достатньо високий результат, несуча спроможність паль на стиск досягла 23...27 т;
- результати випробувань паль збіглися з розрахунками, тому це позитивно з точки зору можливості взагалі проектувати такі конструкції;
- термін робіт по зануренню паль значно менший у порівнянні з забивними чи буровими палями;
- механізми для занурення таких паль значно менш масивні і дешевші у порівнянні з механізмами по зануренню забивних або бурових паль.

Одним з найважливіших питань, щодо можливості застосування таких паль в складі капітальних конструкцій є те, що вони зроблені з металу з нанесенням гарячого цинкового покриття. Тобто яка довговічність цих паль з огляду на те, що середовище їх застосування ґрунт і волога?

Згідно норм товщина антикорозійного покриття повинна бути не менше 80 мкм і не більше 200 мкм. Розрахунковий термін експлуатації паль згідно ДСТУ Б В.2.6-193 додатком К не менше 40 років. По закінченню цього терміну допускається продовження терміну служби паль після контрольного заміру товщини і візуального огляду цинкового покриття.

Висновок. Поєднання конструктивних рішень різного формату дає досить ефективний кінцевий результат. З точки зору швидкості та простоти будівельних робіт по влаштуванню пальового поля, застосування багатогвинтових паль зі спіральною лопаттю (геошурупів) дає значну перевагу у порівнянні зі звичайними видами паль, такими як забивні та бурові палі. Зважаючи на це, можливо зробити висновок, що після війни така конструкція паль буде дуже корисна в будівництві.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. DSTU B V.2.6-193:2013 Protection of metal structures from corrosion. Design requirements. Kyiv: Minrehionbud Ukrainy. (in Ukrainian)
2. DBN V.2.1-10-2009 (2009). Osnovy ta fundamenty sporud. Kyiv: Minrehionbud Ukrainy. (in Ukrainian)
3. DBN V.2.1-10-2009 (2011). Zmina # 1. Osnovy ta fundamenty sporud. Kyiv: Minrehionbud Ukrainy. (in Ukrainian)
4. DSTU-N B 1997-1:2010 (2011). Yevrokod 7. Neotekhnichne proektuvannia. Chastyna 1 Zahalni pravyla (EN 1997-1:2004, IDT). Kyiv: Minrehionbud Ukrainy. (in Ukrainian)

#### СПОСОБИ ПІДВИЩЕННЯ ВИБУХОСТІЙКОСТІ МОСТОВИХ КОНСТРУКЦІЙ

**Кузнєцов В. А.\*, Пастухова С. В.\***

\*Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю. М. Потєбні  
Запорізького національного університету, м. Запоріжжя

*Vladyslav Kuznetsov, Susanna Pastukhova. Increasing the resistance of bridges to blast waves.*

**Abstract.** Increasing the resistance of bridges to blast waves, vibrations and others is a step towards innovation and improvement of the transport infrastructure of Ukraine. The ability to increase the ability of bridges to withstand the effects of shock and blast waves is a relevant phenomenon in the context of today's events in Ukraine.

Сучасність, яка представлена збройною агресією проти України, створює низку кризових явищ для нашої держави, зокрема, спад економічної складової, енергетичні блекаути, руйнація житлових та громадських будівель, атаки на об'єкти інфраструктури та їх часткове або повне знищення тощо. Транспортна інфраструктура, що забезпечує населення та сектори господарства всіма видами перевезень, є фактично ціллю номер один, а тому кожний день підпадає під бомбардування та артилерійські атаки й зазнає часткового або повного руйнування. Зокрема, з початку бойових дій в Україні було пошкоджено 19 аеропортів і цивільних аеродромів та щонайменше 126 залізничних вокзалів і станцій. За попередніми оцінками, загальний обсяг прямих збитків об'єктів транспортної інфраструктури в Україні склав 36,8 млрд. дол. США. Особливо часто під удари потрапляють мости, що з'єднують кінці території через річку, яр та інше та дають змогу скоротити час поставок озброєння, продуктів харчування, ліків та інших, зокрема, внаслідок бойових дій, руйну-

вань зазнали 25,4 тис. км доріг та 344 мости й мостові переходи державного, місцевого або комунального значення [1, с. 14]. Тому пошук способів підвищення стійкості мостових конструкцій, як об'єкту транспортної інфраструктури до ударних хвиль є актуальним та досить нагальним процесом.

Мости є важливим елементом транспортної інфраструктури та логістичного планування, та на відміну від інших інженерних споруд, виокремлюються особливою складністю зведення, ретельністю проектування/планування та чималими витратами фінансового активу. Наприклад, на відновлення автомобільного мосту через Десну у Чернігові було виділено приблизно 200 мільйонів гривень [2], а у 2023 році із державного бюджету, Службою відновлення та розвитку інфраструктури, на утримання доріг і мостів державного значення на Івано-Франківщині було витрачено 220,3 мільйона гривень [3], тоді як на відновлення мосту через річку Мольниця на автомобільній дорозі Чернівці – Герца – контрольно-пропускний пункт «Дяківці» було виділено майже 13,5 млн. грн. [4]. Загалом, за інформацією Укравтодору, оцінка пошкоджень та руйнувань мостів та мостових переходів додає 2,6 млрд. дол. США до загальних збитків інфраструктури [1, с. 15]. Тому нагальним є питання запобігання руйнації мостів та мостових переходів, підвищуючи показники їх вибухостійкості, у разі потрапляння ракети або снаряду неподалік конструкції, а не безпосередньо в неї. Під терміном «вибухостійкість» слід розуміти здатність будівельного об'єкта витримувати навантаження у вигляді ударних хвиль та зберігати при цьому певний ступінь ремонтпридатності та відновлюваності (рис. 1).



Рис. 1. Приклад вибухостійкості мостових конструкцій

Для надання мостовим конструкціям такої властивості необхідно застосовувати будівельні матеріали та інноваційні технологічні розробки, які мають здатність стримувати, поглинати або розсіювати енергію ударної хвилі, тим самим, запобігаючи руйнації мостової конструкції. З огляду застосування будівельних матеріалів перспективним буде:

- додаткове армування бетонних конструкцій склопластиковою арматурою, що дає змогу значно посилити стійкість бетону до відповідних впливів та навантажень, зокрема, у світі таке явище активно використовується у США, Швейцарії, Данії, Німеччині, Великобританії, Японії та Канаді, причому в США та Канаді вже збудовано понад 400 мостів [5, с. 25];
- використання високоміцних будівельних матеріалів, які мають властивості витримувати значні вибухові навантаження, наприклад, армований бетон високої міцності, сталеві елементи, на основі сучасних інноваційних сплавів або сучасні композитні матеріали;
- застосування комбінацій сталевих та композитних елементів, що в поєднанні можуть краще стримувати або поглинати енергію вибухової хвилі, що практикується в багатьох країнах світу;

- встановлення антивібраційних та енергопоглинаючих елементів, мають змогу знизити рівень впливу ударної хвилі та розсіювати її енергію, зокрема, демпфери та амортизатори користуються попитом у будівельній галузі Японії;
- застосування еластичних матеріалів, які здатні розтягуватися або стискатися під впливом вибухової хвилі, що запобігає руйнуванню всієї конструкції;
- застосування технологій натягнутих канатів або стержнів, що гарантуватимуть мінімізацію появи певних деформацій мостових конструкцій, наприклад, як у конструкції Аркового мосту через р. Дніпро, що є частиною Подільського мостового переходу у м. Києві [6, с. 25], або підвісного мосту «Золота брама» у місті Сан-Франциско (США);
- установка протибалістичних екранів та бар'єрів, що мають властивості зменшувати впливовість вибуху на основні несучі конструкції споруди;
- використання новаторських підходів у будівництві мостів, зокрема, застосування металевих пін, самовідновлювальних бетонів, спеціальних ударостійких покриттів, матеріалів на основі нанотехнологій тощо.

Щодо впровадження технологічних розробок варто відзначити про наступні:

- вибір форми елементів мостових конструкцій, що дозволить зменшити концентрацію напружень вибухової хвилі та розподілити навантаження, що зменшить ризики руйнувань в локальних областях мостів;
- моніторинг стану конструкцій (встановлення датчиків, сенсорів), що дозволить виявляти пошкодження, деформації або дефекти та своєчасно їх ліквідувати;
- застосування модульних компонентів, які у разі руйнування можна буде замінити за короткий термін часу, наприклад, в Україні за допомогою чеських металевих тимчасових мостів було покращено транспортне сполучення на Київщині, Черкащині, Харківщині та Херсонщині, а використання норвезьких тимчасових мостових конструкцій типу aсrow/bailey забезпечило пересування важких транспортних засобів. Також в Україні використовують модульні мости американської компанії Aсrow Corporation та мости, виготовлені французькою компанією Matière [7, с. 110];
- використання глибокого пального фундаменту та спеціальних захисних оболонок навколо фундаментів, що сприяє підвищенню стійкості конструкції;
- застосування елементів цифрового моделювання відповідної ситуації, її дослідження та пошук шляхів її вирішення (використання новітніх BIM-технологій та технологій САПР для точних розрахунків конструкцій);
- дослідження досвіду інших країн світу, зокрема, Японії, яка знаходиться в районі постійних землетрусів, Ізраїлю, що довгий час перебуває під обстрілами та атаками ракет і БпЛА, Китаю та США, які практикують застосування новітніх технологій у будівництві мостових переходів, країн Європейського Союзу, які використовують сучасні цифрові технології, зокрема, Інтернет речей (IoT) для моніторингу стану конструкцій в реальному часі, BIM-технології (Revit, Allplan, Bentley, Tekla) та технологій САПР («ЛІРА», «АЕ-СУМ») для точного й ефективного розрахунку, проектування/планування й запроваджують системи стандартизації й сертифікації для матеріалів та технологій.

Варто зазначити, що труднощами України в підвищенні вибухостійкості мостових конструкцій є проблеми з фінансуванням та інвестуванням, нестача новітніх технологій та фізичних знос існуючих, недостатня інтеграція міжнародних та європейських стандартів, незначна залучення цифрового моделювання та застарілість нормативно-правової бази, відтік та нестача висококваліфікованих кадрів, а також відсутність стратегічного підходу, тобто такої системи, яка б регулювала питання вибухостійкості мостових конструкцій.

Таким чином, з метою підвищення рівня вибухостійкості мостових конструкцій, необхідно реформувати нормативно-правову базу та створювати нову для цифрового забезпечення, використовувати новітні технології та матеріали, переймати інженерно-технічний досвід інших країн світу (країн ЄС, США, Японії, Китаю, Великої Британії, Австралії, Нової Зеландії тощо), розвивати освіченість кадрів та впроваджувати відповідні освітні про-

грами й практикуми з використання інформаційних засобів (наприклад, програмного комплексу «Аналітична експертна система управління мостами» (ПК «АЕСУМ»)), а також започатковувати програми, що пов'язані з вибуховою стійкістю стратегічних об'єктів інфраструктури, в тому числі й мостів.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Звіт про прямі збитки інфраструктури від руйнувань внаслідок військової агресії Росії проти України станом на початок 2024 року. Київ, 2024. 38 с. URL: [https://kse.ua/wp-content/uploads/2024/04/01.01.24\\_Damages\\_Report.pdf](https://kse.ua/wp-content/uploads/2024/04/01.01.24_Damages_Report.pdf) (дата звернення: 29.09.2024)
2. Близько 200 мільйонів гривень: скільки коштувало та в чому складність відновлення мосту через Десну біля Чернігова. *Суспільне Чернігів*. URL: <https://suspilne.media/chnihiv/523353-blizko-200-miljoniv-griven-skilki-kostovalo-ta-v-comu-skladnist-vidnovlenna-mostu-cerez-desnu-bila-chnigova/> (дата звернення: 29.09.2024)
3. Відомо, скільки з держбюджету витратили на утримання доріг і мостів на Прикарпатті у 2023 році. *Агенція новин Фіртка*. URL: <https://firtka.if.ua/blog/view/vidomo-skilki-z-derzhbiudzhetu-vitratili-na-utrimannia-dorig-i-mostiv-na-prikarpatti-u-2023-rotsi> (дата звернення: 29.09.2024)
4. На Буковині на відновлення зруйнованого повинню мосту витратили 13,5 млн грн. *ZAXID.NET*. URL: <https://zaxid.net/na-bukovini-na-vidnovlennya-zruynovanogo-povinnyu-mostu-vitratili-135-mln-grn-n1114753> (дата звернення: 29.09.2024)
5. Serdyuk V., Antonyuk O., Antoniuk T. Composite reinforcement in the construction industry: trends of expanding use. *Modern technology, materials and design in construction*. 2023. Vol. 33, no. 2. P. 25–35. URL: <https://doi.org/10.31649/2311-1429-2022-2-25-35> (дата звернення: 29.09.2024)
6. Gameliak I., Kriuchatov S., Oksen Y. Determination of tensions of suspended ropes of the bridge by frequency of natural oscillations. *Automobile roads and road construction*. 2022. No. 111. P. 22–30. URL: <https://doi.org/10.33744/0365-8171-2022-111-022-030> (дата звернення: 29.09.2024)
7. Досвід використання тимчасових модульних мостів в Україні. «Актуальні питання мостового господарства та шляхи його покращення»: Зб. тез доп. III Міжнар. науково-практ. конф. ім. П. М. Ковалю, м. Івано-Франківськ, 3 листоп. 2023 р. Київ, 2023. С. 112. URL: [http://dorigimosti.org.ua/files/upload/07\\_theses\\_bridge\\_conference\\_2023.pdf](http://dorigimosti.org.ua/files/upload/07_theses_bridge_conference_2023.pdf) (дата звернення: 29.09.2024)

#### ТЕХНОЛОГІЯ ПРОВЕДЕННЯ ПІДЗЕМНИХ ВИРОБОК (ТУНЕЛІВ) ПРОХІДНИЦЬКИМ КОМПЛЕКСОМ

Мінєєв С. П.\*, Трохимець М. Я.\*, Мальцева В. Є.\*,  
Вялушкін Є. О.\*, Янжула О. С.\*\*

\*Інститут геотехнічної механіки ім. М. С. Полякова НАН України, м. Дніпро,

\*\*ТОВ «МЕТІНВЕСТХОЛДІНГ», м. Покровськ

*Sergey Minieiev, Mykola Trochymets, Vira Maltseva, Yehor Vyalushkin, Oleksiy Yanzhula.*  
Technology of underground workings (tunnels) by the tunneling complex.

**Abstract.** The thesis provide an overview of the existing tunneling equipment for mechanized drilling of holes for the implementation of the blasting method of conducting underground workings (tunnels) in rocks of medium strength. Its disadvantage has been identified On the basis of the analysis carried out at the level of the patent of Ukraine for the invention, the design of the complex was developed, which is equipped with a devise for mechanized drilling of holes both for the excavation of workings (tunnels) and for anchoring their roofs. The technical result is a significant reduction in labor intensity due to the use of mechanized drilling of holes and the

metal capacity of the equipment due to the placement of the drilling device on the telescopic boom of the combine, as well as a reduction in the cost and duration of mining operation.

Спосіб буропідривного проведення підземних виробок (тунелів) у гірських породах складається з операцій буріння шпурів по вибою виробки (тунелю), закладання в них патронів вибухових речовин з детонаторами-бойовиками, детонацію останніх, прибирання від вибою гірської породи та буріння шпурів під анкерне кріплення покрівлі проведеної виробки (тунелю) [1]. Недоліком такого способу проведення підземних виробок є те, що шпури бурять уручну як по вибою виробки, так і по її покрівлі за допомогою пневмопідтримувача, що не дає можливості проводити виробки перерізом більше 20 м<sup>2</sup>.

Відомий прохідницький комплекс ЕБЗ200М.МР4 (рис. 1) для проведення підземних виробок (тунелів) у гірських породах комбайном, який обладнаний пристроєм механізованого буріння шпурів як по вибою виробки, так і по її покрівлі. При цьому, пристрій механізованого буріння шпурів розміщений на маніпуляторах, які жорстко закріплені на корпусі комбайна.

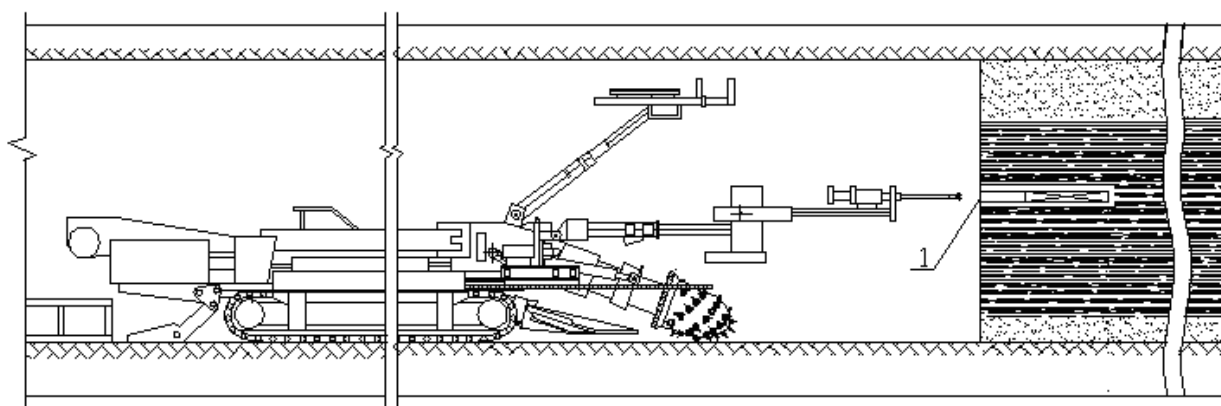


Рис. 1. Прохідницький комплекс ЕБЗ200М.МР4, який обладнаний пристроєм механізованого буріння шпурів, розміщеного на маніпуляторах

Недоліком продемонстрованого комплексу є його великі габарити через розміщення маніпуляторів зверху корпусу комбайна, що обумовлює можливість його використання при проведенні виробок (тунелів) перерізом не менше 20 м<sup>2</sup>.

Автори розробили прохідницький комплекс для проведення підземних виробок (тунелів) комбайном, який обладнаний пристроєм механізованого буріння шпурів як по вибою, так і по її покрівлі (рис. 2, 3, 4) [2]. Він складається з прохідницького комбайна з робочим органом на телескопній стрілі (вибіркової дії), який обладнаний пристроєм механізованого буріння шпурів як по вибою виробки (тунелю), так і по її покрівлі. При цьому пристрій механізованого буріння шпурів розміщений на телескопній стрілі комбайна і закріплений на хомуті позаду його робочого органу з можливістю обертатися на 360° навколо осі телескопної стріли і на 180° у площині її поздовжнього перерізу. Це дає змогу зменшити габарити прохідницького комплексу і розширити область використання (проводити виробки та тунелі перерізом як до 20 м<sup>2</sup>, так і більше).

Буріння шпурів для буропідривного проведення підземних виробок (тунелів) здійснюється після закінчення циклу проведення виробок (тунелів) шляхом механічного руйнування гірських порід [3]. Для цього на телескопній стрілі 1 прохідницького комбайна 2 безпосередньо за його робочим органом 3 закріплюють хомут 4 з двовилковим кронштейном 5, в стакані 6 якого закріплюють буровий пристрій 7, наприклад, ВІСОН UNI-160Р, як показано на рис. 2-4. Шпури 8 для буропідривного проведення підземних виробок (тунелів) у гірських породах, бурять, як по вибою 9 виробки (тунелю) (рис. 2), так і по її покрівлі

влі 10, у площині, яка перпендикулярна осі проведеної виробки і поверхні її покрівлі 10, як показано на рис. 3 та 4.

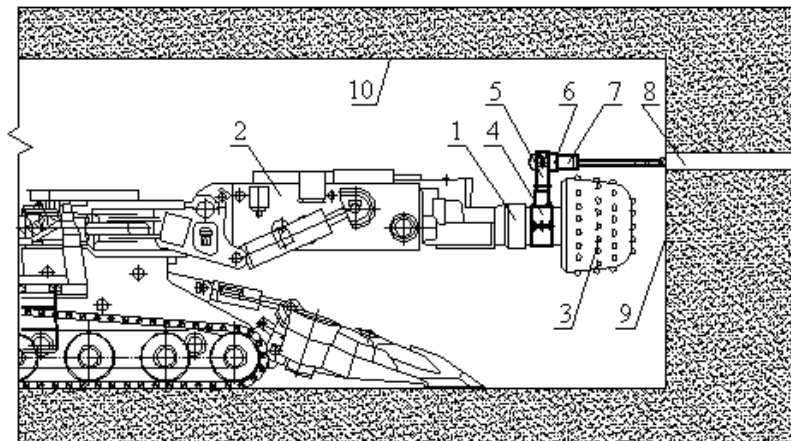


Рис. 2. Прохідницький комплекс, який здійснює буріння шпурів по вибою підземних виробок (тунелів) пристроєм для їх механізованого буріння

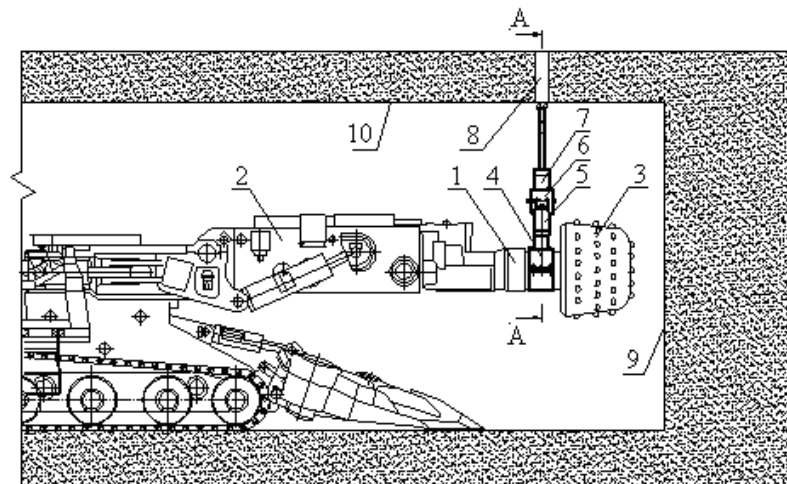


Рис. 3. Прохідницький комплекс, який здійснює буріння шпурів по покрівлі підземних виробок (тунелів) пристроєм для їх механізованого буріння

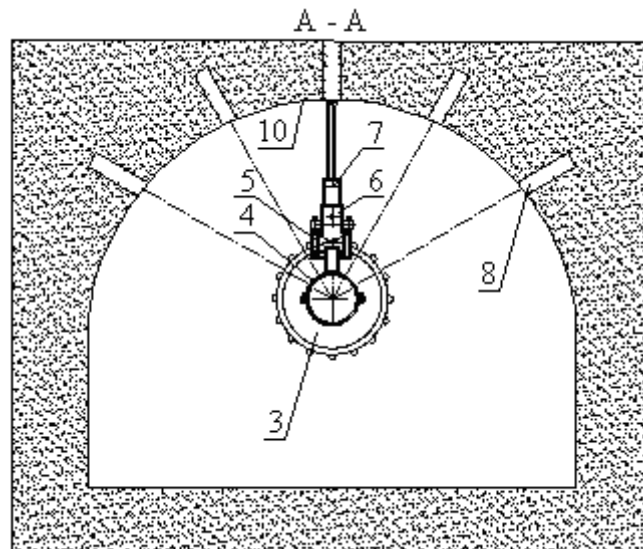


Рис. 4. Переріз підземної виробки (тунелю) по А – А

Технічний результат – значне зниження трудомісткості за рахунок використання механізованого буріння шпурів та металоємності обладнання за рахунок розміщення бурового пристрою на телескопній стрілі комбайна, а також зменшення вартості та терміну гірничих робіт.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Минеев, С. П. Горные работы в сложных условиях на выбросоопасных пластах // С. П. Минеев, А. А. Рубинский, О. В. Витушко, А. В. Радченко. – Донецк: Східний видавничий дім, 2010. – 603 с.

2. Спосіб комбайнового проведення підготовчих виробок у гірських породах, схильних до газодинамічних явищ: пат. № 127909 UA / Мінеєв С.П., Трохимець М.Я., Держинський В.О., Таран Д.Є., Мальцева В.Є., Вялушкін О.Є. № а 2021 04797; заявл. 25.08.21; опубл. 06.02.2024, Бюл. № 6. – 4 с.

3. Спосіб проведення підготовчої виробки по газоносному викидонебезпечному вугільному пласту прохідницьким комбайном: пат. № 122179 UA / Трохимець М.Я., Мальцева В.Є., Вялушкін С.О, Васильєв Л.М., Мінеєв С.П. № а 2018 11866; заявл. 30.11.2018; опубл. 25.09.2020, Бюл. № 18. – 6 с.

### ВІДНОВЛЕННЯ ПРОЄКТНОЇ ВАНТАЖОПІДЙОМНОСТІ БАЛОК ПРОГОНОВИХ БУДОВ ПІД ЧАС ПРОВЕДЕННЯ КАПІТАЛЬНОГО РЕМОНТУ ШЛЯХОПРОВОДУ

Мірошник В. А.\*, Тютюкін О. Л.\*

\*Український державний університет науки і технологій, м. Дніпро

*Oleksii Tiutkin, Vitalii Miroshnyk. Restoration of the design load capacity of the beams of span structures during the overhaul of the overpass.*

**Abstract.** When carrying out capital repair of the overpass, there is a need to carry out a technical and economic comparison of possible work options. One of the options may be to strengthen the existing supports and beams to bring the structure up to the design carrying capacity. It is possible to strengthen the beams of span structures using external reinforcement and a polymer composition based on methyl methacrylate.

Під час виконання капітального ремонту шляхопроводу виникає необхідність у проведенні техніко-економічного порівняння можливих варіантів проведення робіт. Одним із варіантів може бути посилення існуючих опор та балок із доведенням до проєктної вантажопідйомності споруди. Посилення балок прогонових будов можливо виконати із використанням зовнішнього армування [1] та полімерної композиції на основі метилметакрилату [2, 3].

В якості прикладу проектування, можна привести капітальний ремонт шляхопроводу через залізницю по вул. Лермонтова в м. Марганець Дніпропетровської області.

Поздовжня вісь шляхопроводу перетинає залізничні колії під прямим кутом. Залізничні колії розташовані в прогонах 2-3 і 3-4. У прогоні 2-3 шляхопроводу проходить не електрифікована під'їзна залізнична колія до Грушевського марганцевого кар'єру, а у прольоті 3-4 – магістральна електрифікована залізнична колія Придніпровської залізниці лінії Довгинцеве – Волноваха.

Тип споруди – балкова розрізна, із збірного залізобетону. Отвір шляхопроводу перекрито за схемою 2×11,36+14,06+11,36 м. Повна довжина шляхопроводу –  $L_{\text{п}} = 48,70$  м. У профілі шляхопровід розташований на опуклій кривій радіусом біля 7000 м з ухилами підходів 14,1 ‰ у бік м. Марганець та – 56,6 ‰ у бік м. Нікополь. Підходи до шляхопроводу розташовані на штучних насипах висотою біля стоянів 6,5 м.

Ширина проїзної частини 9,0 м плюс два тротуари по 1,55 м. Габарит забезпечує пропуск автотранспорту по двох смугах руху  $b=3,5$  м у кожному напрямку та смуги безпеки по 1,0 м. Загальна ширина шляхопроводу – 12,48 м.

Прогонові будови – балкові розрізні, із збірною залізобетону. Балки залізобетонні з каркасною арматурою з діафрагмами виконані імовірно за типовим проектом випуск 56 Союздорпроекту під тимчасове навантаження Н-13 та НГ-60.

У прогонах 1-2, 2-3 і 4-5 встановлені прогонові будови повною довжиною  $l_n=11,36$  м, розрахунковою довжиною  $l_p=10,5$  м, а в прогоні 3-4 – повною довжиною  $l_n=14,06$  м, розрахунковою довжиною  $l_p=13,8$  м.

У кожному прогоні у поперечному напрямку встановлено 8 залізобетонних балок, об'єднаних між собою діафрагмами. У прогонах 1-2, 2-3 і 4-5 діафрагми у кількості 5 шт, а у прогоні 3-4 – у кількості 6 шт. Діафрагми встановлені з кроком 2,7 м.

Опорні частини металеві, тангенціального типу, встановлені під балки на ригелі опор.

Проміжні опори шляхопроводу ОП2...ОП4 – збірні, залізобетонні, одностовпчасті. Стовпи опор центрифуговані, круглого перерізу, діаметром  $\varnothing 60$  см, виконані за типовим проектом ЛТМП 1960 р. В поперечному напрямку встановлено 6 стовпів з відстанню 1,7...2,14 м між осями. Стовпи поверху об'єднані залізобетонним ригелем перерізом  $0,5 \times 1,0$  м. Ригелі опор ОП2 і ОП3 складаються з двох елементів, об'єднаних посередині прогону за допомогою випусків арматури і омонолічені бетоном. Ригель опори № 4 монолітний по усій довжині.

Стояни шляхопроводу ОП1 і ОП5 стійкові, збірно-монолітні, полегшеного типу, обси-пні. В поперечному напрямку мають 6 стійок перерізом  $41 \times 71$  см, які поверху об'єднаних монолітним ригелем (насадкою) перерізом  $100 \times 50$  см. На ригель встановлено шафовий блок, на який опираються тротуарні залізобетонні плити довжиною 1,5 м, а перехідні залізобетонні плити опираються на залізобетонний зуб шафогового блоку.

Технічний стан шляхопроводу за класифікацією ДСТУ 9181:2022 визначено як стан 5 – непрацездатний.

Проаналізувавши результати технічного обстеження шляхопроводу, інженерно-геологічних та інженерно-геодезичних вишукувань та погодивши із замовником, було прийнято варіант із посиленням балок прогонових будов та опор шляхопроводу.

Посилення опорних зон та нижнього поясу балок прогонових будов (рис. 1) виконується в наступній послідовності:

- механічне очищення щітками поверхонь балок прогонової будови від бруду і слабого бетону;
- свердління отворів у стінці балки діаметром 25 мм під шпильки поз. 17;
- кріплення листа поз. 15, 16 до стінки балки за допомогою 2-х шпильок М20;
- до нижнього поясу балки закріпити поз. 2, 4, 6, 8 забивними дюбелями поз. 20;
- арматуру поз. 11, 12, 13 закріпити до стінки балки забивними дюбелями поз. 21, а поз. 14 закріпити до поз. 11, 12, 13 в'язальним дротом;
- до поз. 2, 4, 6, 8 зварюванням закріпити всі наступні елементи опалубки;
- торці між балкою та опалубкою заробити цементним розчином;
- засипку піском виконувати по мірі монтажу опалубки та через отвори висвердлені у верхній полиці балки з кроком 450 мм, діаметром 30 мм;
- заливку полімеризуючої композиції виконувати через отвори висвердлені у верхній полиці балки з кроком 450 мм, діаметром 30 мм;
- фарбування елементів незійомної опалубки.

Посилення ригелів та стійок опор (рис. 2) виконується арматурою посилення  $\varnothing 20$  А500С та розподільчою арматурою  $\varnothing 10$  А500С. Відновлення захисного шару ригелів та стійок за допомогою вологого токретбетону. Поверхні ригелів та стійок покриваються модифікованими цементними розчинами, вирівнюючим шаром шпаклівки та захисними фарбами.



## КЕРУВАННЯ ВОДОПРИТОКАМИ В ГІРНИЧИХ ВИРОБКАХ ШАХТ І ТУНЕЛІВ

Пилипенко Ю. М.\*, Ключев Е. С.\*

\*Інститут геотехнічної механіки ім. М. С. Полякова НАН України, м. Дніпро

*Yurii Pylypenko, Eduard Kliuiev. Management of water inflows into mining workings of mines and tunnels.*

**Abstract.** The possibility of parameterization of crack-pore formations in a water-saturated anisotropic massif by the method of transient processes of induced polarization is considered. The physical and geological justification of the control method is presented. The hydrodynamic model is developed. Measures for the management of water inflows into mining workings of mines and tunnels are recommended.

Розроблено метод діагностики складноструктурованого анізотропного масиву. Ідея роботи полягає у дослідженні електризації тріщинуватих гірських порід в електричному полі і використанні перехідних характеристик ефекту викликаної поляризації (ВП) як інформативних параметрів контролю структурної порушеності масиву. Методика лабораторних досліджень полягала в подачі прямокутних електричних імпульсів через комутатор і електроди на досліджуваний зразок гірської породи. У паузах між імпульсами двопробним осцилографом реєструвалося нестационарне електричне поле, що залишалось в зразку після вимикання струму в ланцюзі живлячих електродів, а також поле під час пропускання поляризуючого струму. Через нерівномірність амплітудно- і фазочастотних характеристик, для порівняння результатів вимірів перехідних характеристик ВП застосовано принцип нормування. Це дозволило врахувати вплив різних факторів, а також дослідити динамічні характеристики перехідних процесів ВП.

За результатами досліджень встановлено, що максимальна поляризація спостерігається в мінеральних утвореннях із розвинутою системою розділу електронних провідників і електроліту, особливо в зразках, відібраних із зон тектонічних порушень з підвищеним вмістом сульфідного матеріалу.

Вивчення впливу складу та мінералізації порової вологи на величину електрокінетичних ефектів і перехідних процесів ВП показало, що найбільші зміни перехідних характеристик ВП спостерігаються при вологості 0,3...1,8 %. Збільшення концентрації мінералізації призводить до росту провідності порід, релаксації струму і, як наслідок, зниженню перехідних характеристик ВП порід. В значній мірі величина перехідних характеристик ВП гірських порід, руд і вугілля визначається параметрами тріщино-порового простору зразків. Так, збільшення кількості тріщин на одиницю об'єму ( $d_n=d/d_0$ ) призводить до зниження перехідної характеристики  $F(t)$  (рис. 1) і величини поляризаційної ємності зразків за нелінійним законом. Була підтверджена електрокінетична природа явищ, що проходять у двофазних середовищах з порушеною структурою.

Встановлено, що в тонкопористих, макропористих, капілярно-пористих або тріщинуватих гірських породах, коли основна маса вологи, що втримується в них, перебуває у зв'язаному стані, перехідні процеси ВП залежать від величини питомої поверхні контактування, а закономірність їхніх змін описується лінійними рівняннями. У породах основна маса вологи, що втримується в них, перебуває у зв'язаному стані. З урахуванням структурної дезінтеграції двофазного середовища ( $D\Phi$ ) і показників анізотропії ( $\lambda$ ) перехідних процесів ВП, останні змінюються за нелінійним законом, причому функція порушення електричного поля враховує дію, як зовнішніх полів, так і електричний відгук породи (рис. 2). Врахування анізотропії необхідне при геометризації зон структурної порушеності породного масиву.

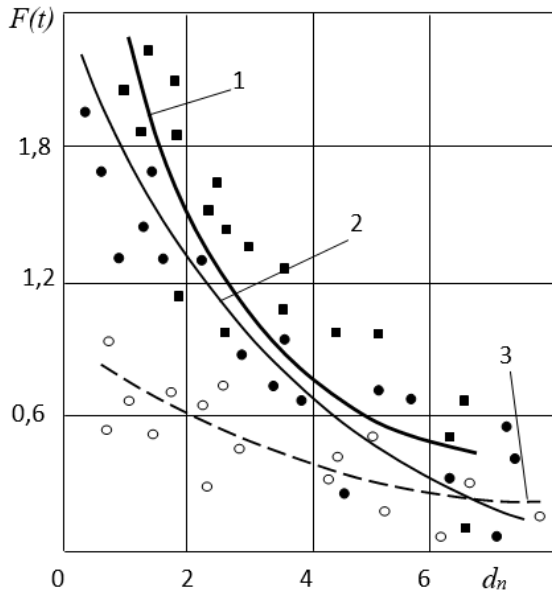


Рис. 1. Залежність перехідної характеристики ВП від тріщинуватості (у відн. од.) для глинистих сланців (1), вугілля (2) і діоритів (3)

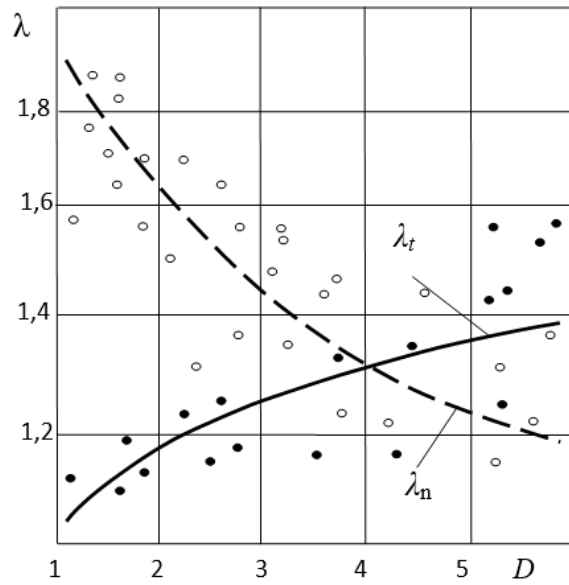


Рис. 2. Характер анізотропії поляризаційних властивостей іонопровідних порід в залежності від інтенсивності тріщинуватості (у відн. од.) в площині ( $\lambda_t$ ) і по нормалі ( $\lambda_n$ ) до розшарування

Рівняння регресії для графіків (рис. 1, 2) мають вигляд:  $F(t) = a \cdot d_n^2 + b \cdot d_n + c$  ( $a = 0,02$ ;  $b = -0,43$ ;  $c = 2,08$  – для сланців,  $a = 0,07$ ;  $b = -0,85$ ;  $c = 3,01$  – для вугілля,  $a = 0,0075$ ;  $b = -0,155$ ;  $c = 0,88$  – для діоритів);  $\lambda_n = a \cdot D^2 + b \cdot D + c$  ( $a = 0,024$ ;  $b = -0,304$ ;  $c = 2,15$ );  $\lambda_t = a \sqrt{D} + b$  ( $a = 0,18$ ;  $b = 0,92$ ).

Вивчено закономірності змін перехідних характеристик ВП гірських порід в режимах одновісного та об'ємного нерівнокомпонентного стиску. Встановлено, що з підвищенням напружень в області пружних деформацій спостерігається збільшення абсолютних значень перехідних характеристик ВП, яке пов'язане із зростанням електрокінетичного потенціалу. При цьому ступінь зміни властивостей порід характеризується коефіцієнтом механоелектричного зв'язку  $\eta_{МЕ}$ , що є коефіцієнтом пропорційності між прикладеним до зразка механічним зусиллям і виникаючим при цьому зарядом.

Виявлено характер змін швидкості спаду ВП із зміною ступеня порушеності зразків гірських порід і вугілля: в першому випадку аналізували зразки із зони дроблення з розвинутою тектонічною структурою, у другому – монолітні зразки з рідкою системою окремих тріщин. З урахуванням виявленої закономірності для характеристики стану середовища введено коефіцієнт електромеханодеструкції, що дозволяє оцінити стан і властивості масиву гірських порід з розвинутою системою тріщинуватості шляхом безпосередніх визначень швидкостей спаду ВП:

$$K_{МЕД} = \frac{V_K^M \cdot E_{ст}^M}{V_K^H \cdot E_{ст}^H}$$

де  $V_K^H$ ,  $V_K^M$ ,  $E_{ст}^H$ ,  $E_{ст}^M$  – швидкості спаду ВП та модулі пружності зразків порід з тектонічно порушеним і монолітним середовищем відповідно.

В табл. 1 наведено значення коефіцієнта електромеханодеструкції деяких гірських порід, отриманих експериментальним шляхом.

Коефіцієнти електромеханодеструкції гірських порід

Найменування породи	Діорит	Пісковик	Вугілля (марка Д)	Вугілля (марка Ж)	Пісковик
Родовище	ЗЖРК	Микитівське ртутне	Центральний район Донбасу		
Інтервал зміни $K_{МЕД} \cdot 10^8$	53...97	17...49	1,1...6,4	2,7...19	12...37

Встановлені закономірності змін перехідних характеристик ВП, що базуються на електрокінетичних явищах у ДФ середовищі з порушеною структурою, створюють передумови для розкриття механізму утворення аномальних зон розривних тектонічних порушень і розробки принципів інтерпретації результатів шахтних спостережень

В шахтних умовах досліджені особливості руху підземних вод і їх динаміка. Розроблена гідродинамічна модель.

Рекомендовано для управління водопритокама дослідити стан і властивості виконати бурові роботи і провести нагнітання полімерної смоли нового технічного рівня МС Montan Injekt 2700 в зони структурної порушеності з водоотводами.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Пилипенко, Ю. Н. Дегазация угольных пластов в зонах тектонических нарушений / Ю.Н. Пилипенко // Геолог Украины, 2011, – № 2 (34). – С. 69-73.

2. Pylypenko, Yu. Stress reindexation in coal seams when mining works cross zones of rupturing dislocations / Yurii Pylypenko, Iryna Konstantynova, Eduard Kliuiev, Mariusz Ptak // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 970 (2022) 012010 URL: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/970/1/012047>

### ПОРІВНЯННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ РОЗРАХУНКІВ СТАЛЕВОГО БУНКЕРА ЗА НЕЛІНІЙНОЮ СХЕМОЮ

Положечко О. Ю.\*, Банніков Д. О.\*

\*Український державний університет науки і технологій, м. Дніпро

*Olha Polozhechko, Dmytro Bannikov. Comparison of results of steel bunker calculations according to non-linear scheme.*

**Abstract.** The theses compare the results of calculations of bunker walls according to the theoretical scheme and in the SCAD Office software package. Analysis of the results shows that the angle of inclination of the bunker walls affects the obtained values.

Одним із видів існуючих будівельних конструкцій, призначених для зберігання та розвантаження різних сипучих матеріалів є бункер. Бункери широко використовуються у сільському господарстві для зберігання та розвантаження зерна. У сільськогосподарських машинах, зерноочисних та переробних комплексах застосовують бункери різних форм та розмірів для скорочення часу простою автотранспорту при вантажно-розвантажувальних роботах, забезпечення безперервності технологічного процесу [1].

Розглянемо приклад розрахунку бункера на підприємстві по зберіганню зерна в смт. Талалаєвка. За типом несучих конструкцій – бункер металевий, має пірамідально-призматичну форму (рис. 1), призначений для зберігання зерна. Даний бункер розташований в ряді бункерів, зблокованих між собою.

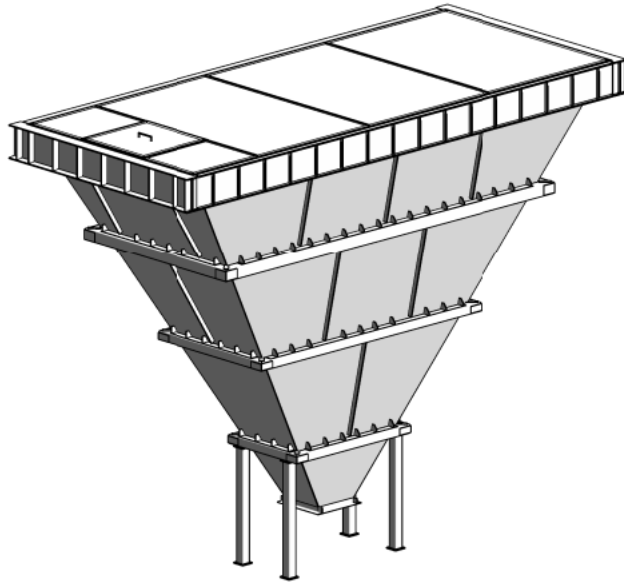


Рис. 1. Вигляд бункера в смт. Талалаєвка

Навантаження від сипучого матеріалу (зерна) прийемо за фактичною питомою вагою  $\gamma = 800 \text{ кгс/м}^3$  згідно з таблицею А.1 ДБН В2.2-8-98 [2]. Матеріал бункера – сталь марки С245 (розрахунковий опір  $R_y = 2450 \text{ МПа}$ ). Основні геометричні розміри бункера (рис. 2): висота бункера  $H = 3,6 \text{ м}$ ; довжина та ширина по верху бункера дорівнюють  $a_2 = 4,9 \text{ м}$  та  $b_2 = 2 \text{ м}$ ; довжина та ширина по низу бункера  $a_1, b_1 = 0,4 \text{ м}$ . Кути нахилу стінок становлять  $58^\circ, 77^\circ$ . Кут природного укосу –  $25^\circ$ .

Розрахунок обшивки бункера проводимо за геометрично нелінійною схемою з урахуванням наступних формул.

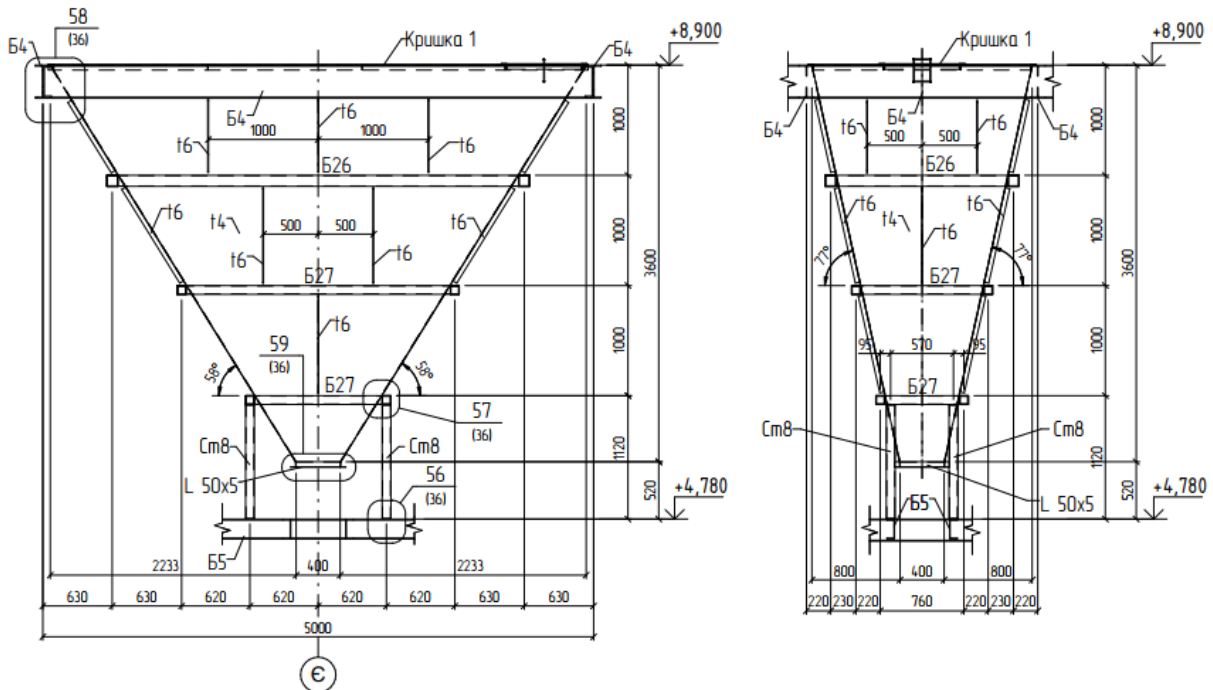


Рис. 2. Розріз бункера в смт. Талалаєвка

Об'єм бункера обчислюємо за формулою:

$$V = \frac{H}{6} [(2a_2 + a_1)b_2 + (2a_1 + a_2)b_1] = 13,52 \text{ м}^3.$$

Розрахунковий нормальний тиск стінки бункера розраховуємо в залежності від коефіцієнта  $m_0$ , який приймається в залежності від кута природного укосу та кута нахилу стінок бункера:

- під кутом  $77^\circ$

$$p_n = m_0 \cdot \gamma \cdot H = 0,435 \cdot 800 \cdot 3,6 = 1252,8 \text{ кгс/м}^2;$$

- під кутом  $58^\circ$

$$p_n = m_0 \cdot \gamma \cdot H = 0,573 \cdot 800 \cdot 3,6 = 1650,24 \text{ кгс/м}^2.$$

Поздовжню силу на одиницю довжини обшивки визначаємо за виразом, в який входить товщина обшивки  $t$ , прольот пластинки  $d_i$ , рівномірне розподілене навантаження  $p_{oi}$  (коефіцієнт Пуассона приймаємо  $\nu = 0,3$ ):

$$N_i = \sqrt[3]{\frac{E \cdot t}{(1 - \nu^2)} \cdot \frac{p_{oi}^2 \cdot d_i^2}{24}}.$$

Згинальний момент в середині прольоту на одиницю довжини обшивки визначаємо за формулою:

$$M_i = \frac{p_{oi} \cdot d_i^2}{8} - N_i \cdot f_i,$$

де  $f_i$  – прогин в середині прольоту:

$$f_i = \frac{4p_{oi} \cdot d_i^2}{\pi^3(N_{ei} + N_i)}.$$

Розтягувальні напруження в обшивці від маси сипучого визначаються залежністю:

$$\sigma_{pi} = \frac{1,2\gamma \cdot V_p}{2(l_{az} + l_{bz}) \cdot t \cdot \sin \alpha}.$$

При цьому

$$V_p = l_{az} \cdot l_{bz} \cdot h + \frac{H - h}{6} [(2l_{az} + a_1) \cdot l_{bz} + (2a_1 + l_{az})b_1]$$

де,  $l_{az}, l_{bz}$  – довжини пластин на розглядуваній ділянці,  $h$  – координата середини розглядуваної панелі обшивки.

Напруження, які виникають в обшивці бункера знайдемо за формулою:

$$\sigma_i = \frac{6 \cdot M_i}{t^2} + \frac{N_i}{t} + \sigma_{pi}.$$

Виконавши таким чином розрахунки для кожної з пластинок обшивки бункера, занесемо отримані значення прогинів та напружень до табл. 1.

Розрахунок також був проведений у програмному комплексі SCAD Office. Значення отриманих величин занесемо до табл. 1.

## Порівняння результатів розрахунків

Елемент пластини №	Кут нахилу стінки 58°				Кут нахилу стінки 77°			
	Теор.	SCAD	Теор.	SCAD	Теор.	SCAD	Теор.	SCAD
	Прогин $f_i$ , см		Напруження $\sigma_i$ , кг/см <sup>2</sup>		Прогин $f_i$ , см		Напруження $\sigma_i$ , кг/см <sup>2</sup>	
1	0,55	0,44	325,6	229	0,39	0,55	528	238,8
2	0,85	0,69	499,9	416,3	0,62	0,77	709,6	399,9
3	1,03	0,72	589,5	600,5	0,76	0,88	765,5	539,3
4	0,52	0,22	778,8	491,7	0,36	0,2	687,7	425,8

Таким чином, отримані значення, знайдені за теоретичними розрахунками в порівнянні з розрахунками в програмному комплексі SCAD:

- для кута нахилу стінки 58 ° – прогини мають більші значення на 32 %, напруження – на 28 %.
- для кута нахилу стінки 77 ° – прогини мають менші значення на 20 %, напруження мають більші значення – на 38 %.

Проаналізувавши дані результати можна зробити висновок, що для різних кутів нахилу стінок отримуємо різні значення прогинів та напружень.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бурмістенков О. С. Інтенсифікація розвантаження зернових матеріалів технологій : автореф. дис. к-та техн. наук: 05.20.01, 2004. 24 с.
2. ДБН В2.2-8-98. Будинки і споруди. Підприємства, будівлі і споруди по зберіганню та переробці зерна. Зміна № 1. Чинний від 2005-04-01. Вид. офіц. Київ : Держбуд. України, 1998. 42 с.

КОМПОЗИЦІЙНИЙ МАТЕРІАЛ ДЛЯ РЕМОНТУ  
ТА ВІДНОВЛЕННЯ БЕТОННИХ СПОРУД

Трикоз Л. В.\*, Зінченко О. С.\*, Камчатна С. М.\*, Пустовойтова О. М.\*\*

\*Український державний університет залізничного транспорту, м. Харків

\*\*Харківський національний університет міського господарства ім. О. М. Бекетова

*Liudmyla Trykoz, Oleksii Zinchenko, Svitlana Kamchatna, Oksana Pustovoitova. Composite material for repair and restoration of concrete structures.*

**Abstract.** The usage of concrete demolition waste as filler for polymer composite materials is considered. Such materials are very effective for repair and restoration of concrete structures. The usage of waste materials is a very environmentally important task since the land area for the disposal of these waste materials and the carbon footprint in the construction sector are decreasing.

Полімерні композити знайшли незамінне застосування в технологіях ремонту та відновлення бетонних споруд. Полімери окремо або в композиції з отверджувачем та/або наповнювачем використовуються для того, щоб створити шар для покращення адгезії ремонтного матеріалу, створити захисний шар на бетоні, щоб обмежити або перекрити доступ агресивного середовища до споруди, для заповнення дефектів в бетонних спорудах. Полімери, що використовуються при ремонті, використовуються в різних формах, таких як рідкі синтетичні смоли (зазвичай двокомпонентні системи, які потребують спеціальних отверджувачів для схоплювання), дисперсії (двофазні системи, в якій тверді частинки на-

норозміру дисперговані в рідкій фазі), емульсії, повторно диспергований порошок, водні розчини полімерів.

Полімербетонні композити широко і успішно застосовуються при ремонті залізобетонних конструкцій, а також для захисту їх поверхні. До переваг таких матеріалів відносяться відмінна адгезія до різних матеріалів, герметичність і морозостійкість, а у випадку з полімербетонами ще й короткий час готовності до експлуатації. Міцність при розриві майже завжди вища, ніж міцність немодифікованого матеріалу. Що стосується міцності при стиску, полімербетони знаходяться в діапазоні верхніх значень портландцементного бетону або вище з більш високими значеннями міцності при вигині і розтягу. Обмеженням може бути відносно висока усадка при схоплюванні, а також деякі відмінності між властивостями відремонтованого бетону та ремонтного матеріалу – зокрема високе теплове розширення, повзучість, іноді обмежений термічний опір і стійкість до старіння. Тому ключовим питанням є вибір полімерних матеріалів для ремонту та захисту за принципом сумісності.

Основою вибору полімеру для даного дослідження є адгезія, а також герметичність і хімічна стійкість. Крім того швидка готовність до використання і експлуатації часто є дуже важливим фактором. Як показали попередні дослідження авторів [1-3], з цих точок зору найкращим полімером виявився поліметилметакрилат з наповнювачем із меленого кварцового піску. З метою зниження вартості полімерного композиційного матеріалу та обмеження усадкових деформацій рекомендовано в [1] використовувати кварцовий пісок з розміром частинок 0,14 мм у кількості 150 масових частин. У порівнянні з ненаповненою композицією, усадкові деформації цього наповнювача менше в 5 разів, а при порівнянні з наповненням портландцементом – на 10 % менше. Варто враховувати, що застосування портландцементу, який є енерговитратним матеріалом, може збільшити вартість ремонтної композиції. Таким чином, використання кварцового піску є більш раціональним варіантом. Згідно з результатами дослідження [2], фракційний склад піску суттєво впливає на міцність та деформативні властивості композиційного матеріалу на основі поліметилметакрилату. Зразки з найменшою фракцією (0,14 мм) та кількістю 150 масових частин демонструють найвищу міцність (90 МПа при стиску та 40 МПа при згині). Збільшення розміру частинок або їх кількості призводить до зниження міцності наповненої композиції через порушення оптимального співвідношення поверхні частинок наповнювача до кількості полімеру, яка може бути адсорбована. Крім того, при низькому вмісті наповнювача пошкодження переважно відбуваються в еластичній полімерній сітці, тоді як при високому вмісті наповнювача деформації з пошкодженнями спочатку локалізовані в пружній полімерній сітці, а потім поблизу границі наповнювач-наповнювач. Цей механізм підтверджено дослідженнями деформацій при розтягу, де при більш високому ступені наповнення спостерігається пік текучості, а загальна величина деформації збільшується. Метою роботи [3] було вивчити вплив наповнювачів на стійкість акрилових композицій в агресивних середовищах та адгезійну міцність. Результати показали, що пісок як наповнювач акрилової композиції зменшує поглинену масу води в 6,7 разів порівняно з ненаповненим полімером. Кількість поглиненої маси агресивних реагентів зменшилися в 5 разів, за винятком 10 % розчину гідроксиду натрію, в якому маса поглиненого реагенту зменшилась у 3,6 рази. Це найбільш агресивне середовище для акрилового складу, виходячи з коефіцієнта дифузії. Найвищий показник міцності отримано для акрилового компаунду, який наповнений піском і слюдою. При цьому розривне напруження досягає 53,2 МПа. Наповнені акрилові композиції демонструють низьку водопоглинаючу здатність, високу стійкість в агресивних середовищах і прийнятну міцність зчеплення. Водостійкі склади на основі акрилу з наповнювачами є прийнятними захисними покриттями, які можна використовувати для запобігання проникненню хімічних речовин в бетон.

У даному дослідженні автори пропонують як наповнювач застосовувати подрібнені відходи бетонних конструкцій, кількість яких збільшується у результаті воєнних дій. Як свідчать результати досліджень [4], бетонні відходи мають такий хімічний склад:  $\text{SiO}_2$  – 26,6 %;  $\text{Al}_2\text{O}_3$  – 11,2 %;  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  – 4,2 %;  $\text{CaO}$  – 50,3 %. Крім того, у найдрібнішій фракції

(менше 0,14 мм) наявні 20 % аліту й беліту. Таким чином, хімічний склад, а отже, поверхнева активність дрібних фракцій відходів бетону, аналогічні портландцементу та піску, що робить їх повноцінною заміною наповнювачів для традиційних полімерних композитів. До переваг також відноситься відсутність процесів випалу (як у випадку портландцементу) або зменшення енергії на помел (у випадку з піском). Такий наповнювач вирішує кілька екологічних проблем – зменшення викидів вуглецю, зменшення площі накопичення відходів, зменшення використання природного піску.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Трикоз Л. В., Камчатна С. М., Пустовойтова О. М. Вплив виду та кількості наповнювача на деформативні властивості акрилового композиційного матеріалу для ремонту бетонних конструкцій. Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури. Одеса: вид-во ОДАБА, 2019. Вип. 74, с. 122-128.

2. Трикоз Л. В., Камчатна С. М., Зінченко О. С., Пустовойтова О. М., Бородін Д. Ю. Дослідження міцності і деформацій композиційних матеріалів на основі наповнених полімерів (in English). Збірник наукових праць «Сучасне будівництво та архітектура». Одеса: вид-во ОДАБА, 2024. Вип. 8, с. 72-79.

3. Trykoz L., Kamchatna S., Pustovoitova O., Saiapina I., Borodin D. Impact of fillers for acrylic compositions on their stability in aggressive mediums and adhesive strength. Journal of Metals, Materials and Minerals, 2020. Vol. 30 (3), pp. 83-90.

4. Raini I., Mesrar L., Touache A., Raini I., Jabrane R. Performance evaluation of cement mortar containing construction and demolition waste as supplementary cement materials. Ceramics – Silikáty, 2022. Vol. 66 (4), pp. 407-418.

### ЗАКРІПЛЕННЯ ЗСУВОНЕБЕЗПЕЧНИХ СХИЛІВ ГВИНТОВИМИ ПАЛЯМИ

Тютюкін О. Л.\*, Кільдєєв В. Р.\*

\*Український державний університет науки і технологій, м. Дніпро

*Oleksii Tiutkin, Vitalii Kildieiev. Securing landslide-prone slopes with screw piles.*

**Abstract.** Strengthening slopes is necessary when it is affected by natural factors. They can be caused by natural or artificial conditions. These impacts include wind, water erosion, and horizontal shifts. A reliable way to strengthen slopes is piles. The most common type of piles is screw piles. A geoscrew is a type of metal pile that is driven into the ground by screwing.

Одним із важливих питань, які необхідно вирішувати при будівництві на зсувонебезпечних схилах і поблизу них, є питання успішної боротьби зі зсувними явищами [1].

Для виникнення та розвитку зсуву необхідні певні умови, серед яких основними є крутість і форма схилу, геологічне будова порід, гідрогеологічна та гідрологічна обстановка. Найбільш схильні до зсувних явищ круті схили, що мають опуклу або нависаючу конфігурацію, а найбільш типовими зсувними породами є глинисті, опір зсуву яких дуже чутливий до зміни вологості. Зсуви часто утворюються на ділянках похилого залягання шарів з падінням їх у бік схилу, а також при видавлюванні глин вищими породами.

Порушення граничної рівноваги схилу виникає внаслідок додаткових впливів, які є наслідком природних процесів чи діяльності людини. До них можна віднести: зміну крутості схилу, вплив ґрунтових та поверхневих вод, вивітрювання, струси, мерзлотні дії, вібрація, додаткові навантаження на схил, знищення на ньому рослинності.

Механізм цих впливів при утворенні зсувного процесу проявляється у трьох напрямках. Перший – зміна зовнішньої форми і висоти схилу, що призводить до перерозподілу зсувних і утримуючих сил на ньому. Другий – зміна будови та фізико-механічних властивостей порід. Третій – створення додаткового тиску на шари схилу.

Процеси, що ведуть до зміни зовнішньої форми та крутості схилу, можуть бути пов'язані з коливаннями базису ерозії річок, ярів, руйнівною роботою хвиль та води, підризуванням схилів штучними виїмками.

Зміни будови та фізико-механічних властивостей порід викликаються процесами вивітрювання дощовими, талими та господарськими водами, зміщенням порід, вилуговуванням з них водорозчинних солей, виносом частинок поточною водою з утворенням у породі порожнин і пор.

Додатковий тиск на породи, що складають схил, може виникнути через гідродинамічний тиск при фільтрації води у бік схилу, гідростатичного тиску в тріщинах і порах породи. Він може бути викликаний штучними статичними та динамічними навантаженнями на схил та сейсмічними явищами.

Виникнення зсувів у кожному випадку може бути результатом впливу окремих з вищеперелічених впливів або їх поєднанням.

Застосовувані досі заходи боротьби з зсувами не завжди призводили до бажаних результатів, оскільки кожний з цих протизсувних заходів неспроможний усунути всю сукупність причин, що викликають зсувне явище. Тому нерідко найефективнішим протизсувним заходом є механічний опір руху земляних мас утримуючими елементами, заглибленими на розрахункову величину нижче поверхні ковзання.

Такими спорудами можуть бути гвинтові палі [2]. Гвинтова паля – це паля, що складається з металевого наконечника з лопаттю або багатовитковою спіраллю і трубчастого металевого стовбура, що занурюється в ґрунт методом загвинчування в поєднанні з вдавлюванням. Основні компоненти гвинтової палі: ствол; гвинтові несучі лопаті. Однією із різновидностей гвинтових паль є геошурупи.

Геошуруп – це гвинтова паля другого покоління, яка представляє собою трубу з лопатями спеціальної конфігурації (рис.1). Завдяки такій конструкції геошуруп легко проникає в ґрунт методом загвинчування. Гвинтова паля-геошуруп має наконечник і лопаті спеціально розрахованої форми, які при зануренні не розпушують ґрунт, а навпаки – кожним наступним своїм витком ущільнюють його. Лопаті геошурупа рівномірно розподіляють навантаження вздовж усього стовбура палі.



Рис. 1. Оцинковані геошурупи

Геошуруп складається з наконечника, конуса, стовбура, а також основної гвинтової частини, яка забезпечує всю несучу здатність. Ключовою особливістю геошурупа є оголовок. Існують три види оголовків: шестигранні, квадратні та П-подібні.

Використання гвинтових паль має свої незаперечні плюси: економне будівництво; мінімізація роботи; відсутність необхідності в залученні важкої техніки; еко-будівництво – установка геошурупів не потребує грубого втручання в природне середовище; універсаль-

ність – гвинтові палі можна встановлювати на будь-якому типі ґрунту; довговічність – передова технологія оцинкування металу забезпечує термін експлуатації до 120 років.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Dubinchyk, O., Petrenko, V., Ihnatenko, D., Kildieiev, V. (2019). Comprehensive analysis of the retaining pile structure with the determining the stability factor by numerical methods. E3S Web of Conferences 109, 00020.

2. ДСТУ-Н Б EN 1997-1:2010 Єврокод 7 Геотехнічне проектування Частина 1 Загальні правила (EN 1997-1:2004, IDT). Київ: Мінрегіонбуд України, 2011, 161 с.

### ОБґРУНТУВАННЯ КОНСТРУКЦІЇ СТАНЦІЇ МЕТРОПОЛІТЕНУ ПІЛОННОГО ТИПУ, ЩО ЗАСНОВАНЕ НА ВАРІЮВАННІ ЇЇ ПАРАМЕТРІВ

Тютюкін О. Л.\*, Федоров К. Є.\*

Український державний університет науки і технологій, м. Дніпро

*Oleksii Tiutkin, Kostiantyn Fedorov. Substantiation of the construction of the pylon metro station, which is based on the variation of its parameters.*

**Abstract.** The variation of the design parameters of the metro pylon station is characterized by two directions. Global variation is not fruitful, because changing the number of structural elements does not change its parameters. Local variation consists in changing the parameters of the elements of the general design. For the metro pylon station, a combined variation of the parameters of the "pylon - passage" system is proposed to further obtain patterns of changes in stresses and displacements.

Станція метрополітену пілонного типу глибокого закладення наразі вже не має значного розвитку своєї конструкції, що пов'язане з особливостями архітектурно-планувального рішення. Пілонна станція, як відомо [1, 2], представляє собою три тунелі, що є циліндричними оболонками, які розташовані на горизонтальній осі та розділені між собою ціликами ґрунту або бетону (пілонами). Варіювання глобальних параметрів, тобто, наприклад, збільшення проходів та пілонів, не призводить до кардинальної зміни всієї конструкції. Відповідно, варіювання параметрів можливе лише на локальному рівні, тобто такому, що характеризує параметри окремих елементів конструкції.

Така ситуація може демонструвати вичерпаність потенціалу даної підземної споруди, що, з огляду на розвиток колонних станцій глибокого і мілкового закладень, є доволі коректною заявою. Дійсно, подальша зміна архітектурно-планувального рішення пілонної станції можлива лише з позиції незначного варіювання загальних параметрів. Однак, саме зміна параметрів елементів дозволяє вже існуючу конструкцію привести до раціональних форми та розмірів.

Основними параметрами пілонної станції є форма і розміри бокових та середнього тунелів, а також пілонів та проходів. Для того, щоб сфокусуватися саме на варіюванні розмірів, плідність якого вже було доведена раніше [3], слід вивести з дослідження форму, яка є важливим параметром, але потребує додаткового дослідження. Слід відмітити, що класична колова форма бокових тунелів пілонної станції, яка закладена в слабких ґрунтах з міцністю за проф. М. М. Протод'яконовим  $f=0,8\dots 1,5$ , після застосування Новоавстрійського методу спорудження тунелів була переглянута, оскільки в Дніпровському метрополітені (міцність за проф. М. М. Протод'яконовим  $f=7\dots 12$ ) застосовувалися тунелі складного, близького до еліпсного окреслення. Однак, застосування тунелів колового окреслення для пілонної станції, що закладена в міцних породах, є можливим і раціональним.

Таким чином, детально розглядаючи варіювання розмірів елементів пілонної станції, також слід відмітити, що зміна діаметру бокових і середнього тунелів, що регламентується

двома розмірами (8,5 та 9,5 м), неможлива, однак варіювання товщини їхніх оправ є процесом, в результаті якого можна віднайти загальні закономірності зміни напружено-деформованого стану всієї конструкції пілонної станції.

Найбільш плідним є варіювання параметрів пілонів та проходів, яке може бути складним і комплексним, тобто поєднувати в собі варіювання розмірів, матеріалу пілону та конструкції системи «пілон – проїом». На рис. 1, який узято з роботи [1], показано генезис конструкції пілону у взаємозв'язку з варіюванням матеріалу оправи і пілону, і оправи бокових і середнього тунелів.

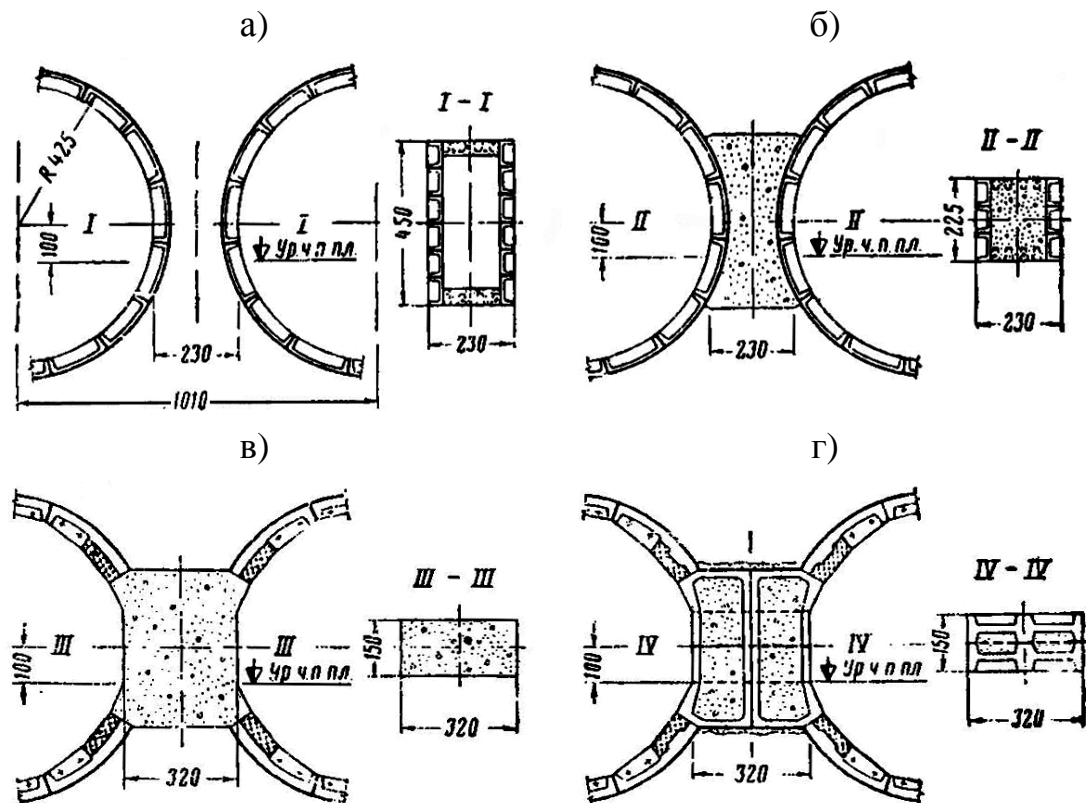


Рис. 1. Конструкції пілонів (рисунок з [1]):

а – у вигляді ґрунтового цілика; б – з бетонним заповненням;  
в – у вигляді монолітної бетонної конструкції; г – у вигляді збірної конструкції

Наведені зміни в конструкціях пілонів разом з можливістю варіювання ширини проходу (наприклад, збільшення регламентованої будівельними нормами, ширини  $b=3,0$  м) відкривають можливість сукупного варіювання параметрів системи «пілон – проїом» для подальшого отримання закономірностей зміни напружень і переміщень і обґрунтування конструкції станції пілонного типу метрополітену.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Петренко, В. І. Станції метрополітену: конструкції та спорудження [Текст]: навчальний посібник / В. І. Петренко, В. Д. Петренко, О. Л. Тютькін. – Дніпропетровськ : Нова ідеологія, 2012. – 164 с.
2. Тютькін, О. Л. Теоретичні основи комплексного аналізу тунельних конструкцій [Текст] / О. Л. Тютькін. – Дніпро : Журфонд, 2020. – 260 с.
3. Петренко, В. І. Розрахунок трисклепінчастих станцій метрополітену глибокого закладення [Текст] / В. І. Петренко, В. Д. Петренко, О. Л. Тютькін. – Дніпропетровськ : Наука і освіта, 2004. – 176 с.

**ВИЗНАЧЕННЯ ПРОФІЛІВ ОСІДАнь ОСНОВ  
ЗАЛІЗНИЧНИХ ТА АВТОДОРОЖНИХ НАСИПІВ,  
ГРЕБЕЛЬ ТА ДАМБ ІЗ ҐРУНТОВИХ МАТЕРІАЛІВ**

**Шаповал В. Г.\*, Шашенко О. М.\*, Скобенко О. В.\*,  
Гапєєв С. М.\*, Шумінський В. Д.\*\***

\*НТУ «Дніпровська політехніка», м. Дніпро,

\*\*«Державний науково-дослідницький інститут будівельних конструкцій»

*Volodymyr Shapoval, Oleksandr Shashenko, Oleksandr Skobenko, Serhii Hapieiev, Valery Shuminsky.* Determination of settlement profiles of the bases of railway and road embankments, dams made of soil materials.

**Abstract.** This article describes the algorithm for calculating the settlement profiles of railway, road and other embankments, as well as dams and dams made of soil materials. It allows you to determine the following important tasks for design: the lower limit of the compressible soil layer for a more unfavorable case; settlement of the foundation within and outside the loaded zone; basic calculation profile.

У ході спільної роботи над проектом ДСТУ «ДСТУ ХХХХ:202Х: Греблі з ґрунтових матеріалів. Загальні вимоги (на розгляді)», яку було виконано ДП НДІБК (м. Київ) та ДП НТУ (м. Дніпро), було розроблено методику визначення профілів осідань споруд із ґрунтових матеріалів. Розглядалися насипи з трапецеїдальною формою перерізу, ширина підшви яких значно менша за довжину. Зокрема таку форму мають залізнично- та автодорожні насипи, греблі та дамби. Суть методики полягає у наступному:

1 Розрахунок осідання насипу з трапецеїдальною формою перерізу  $S_j$  (рис. 1) виконують за формулами:  $S_j = 0,8 \cdot \sum_{i=1}^n S_i(x_j)$  та  $S_i(x_j) = \frac{W(x_j, z_{i+1}) - W(x_j, z_i)}{E_i}$ , де  $S_i(x_j)$  – осідання шару основи товщиною  $h_i = z_{i+1} - z_i$ , покрівля якого знаходиться на глибині  $z_i$ , а підшва – на глибині  $z_{i+1}$  [1];  $\beta = 0,8$ ;  $E_i$  – модуль загальної деформації  $i$ -го ґрунтового шару на інтервалі глибин  $z \in (z_i, z_{i+1})$ .

Тут:

$$\left. \begin{aligned}
 W(x, z) &= k_1 \cdot (\xi_1 + \xi_2 + \xi_3 + \xi_4 + \xi_5 + \xi_6 + \xi_7 + \xi_8 + \xi_9 + \xi_{10} - \xi_{11} + \xi_{12}); \\
 k_1 &= \frac{\gamma_r \cdot h}{2 \cdot \pi \cdot L_1 \cdot y_4}; \quad y_1 = -L_1 - b_1 + x_j; \quad y_2 = -L_1 + x_j; \\
 &\quad y_3 = b - x_j; \quad y_4 = b - L_1 - b_1; \\
 \xi_1 &= -L_1 \cdot y_1^2 \cdot \ln(y_1^2 + z^2); \quad \xi_2 = -y_2^2 \cdot y_4 \cdot \ln(y_2^2 + z^2); \\
 \xi_3 &= L_1 \cdot y_3^2 \cdot \ln(y_3^2 + z^2); \quad \xi_4 = -2 \cdot z \cdot L_1 \cdot y_1 \cdot \arctg\left(\frac{y_1}{z}\right); \\
 \xi_5 &= -2 \cdot z \cdot y_2 \cdot y_4 \cdot \arctg\left(\frac{y_4}{z}\right); \quad \xi_6 = 2 \cdot z \cdot L_1 \cdot y_3 \cdot \arctg\left(\frac{y_3}{z}\right); \\
 \xi_7 &= x_j^2 \cdot y_4 \cdot \ln(x_j^2 + z^2); \quad \xi_8 = 2 \cdot x_j \cdot z \cdot y_4 \cdot \arctg\left(\frac{x_j}{z}\right); \\
 \xi_9 &= 2 \cdot L_1 \cdot y_1^2 \cdot \ln(-y_1); \quad \xi_{10} = 2 \cdot y_2^2 \cdot y_4 \cdot \ln(-y_2); \\
 \xi_{11} &= 2 \cdot L_1 \cdot y_3^2 \cdot \ln(y_3); \quad \xi_{12} = 2 \cdot x_j^2 \cdot y_4 \cdot \ln(x_j).
 \end{aligned} \right\}$$

2 Розрахунок слід виконувати у такій послідовності:

2.1. Визначається проектне положення розрахункової вертикалі « $x_j$ » (зазвичай цей параметр вказують у технічному завданні). Розрахункова вертикаль може знаходитись як в межах, так і за межами підшви насипу з трапецеїдальною формою перерізу.

2.2. Далі визначають осідання основи насипу з трапецеїдальною формою перерізу  $S_j$  на

розрахунковій вертикалі  $x_j$ .

2.3. Розрахунок осідань слід виконувати до глибини  $H_{st}$ , на якій виконується умова:  $\sigma_{zp}(0, H_{st}) = k \cdot \sigma_{zq}(0, H_{st})$ , де:  $k = 0,2$  при  $b \leq 5$  м;  $k = 0,5$  при  $b > 20$  м; при  $5 < b \leq 20$  м коефіцієнт  $k$  слід визначати за інтерполяцією;  $\sigma_{zp}(0, H_{st})$  – вертикальне додаткове напруження від власної ваги насипу з трапецеїдальною формою перерізу на розрахунковій вертикалі;  $\sigma_{zq}(0, H_{st})$  – вертикальне напруження від власної ваги ґрунту на розрахунковій вертикалі, яке визначають за формулою:

$$\sigma_{zq}(0, H_{st}) = \gamma' \cdot d_n + \sum_{i=1}^n \gamma_i \cdot h_i; H_{st} = d_n + \sum_{i=1}^n h_i \cdot \},$$

де  $\gamma'$  – густина ґрунту, розташованого вище підшови насипу з трапецеїдальною формою перерізу;  $\gamma_i$  та  $h_i$  – відповідно густина та товщина  $i$ -го шару ґрунту.

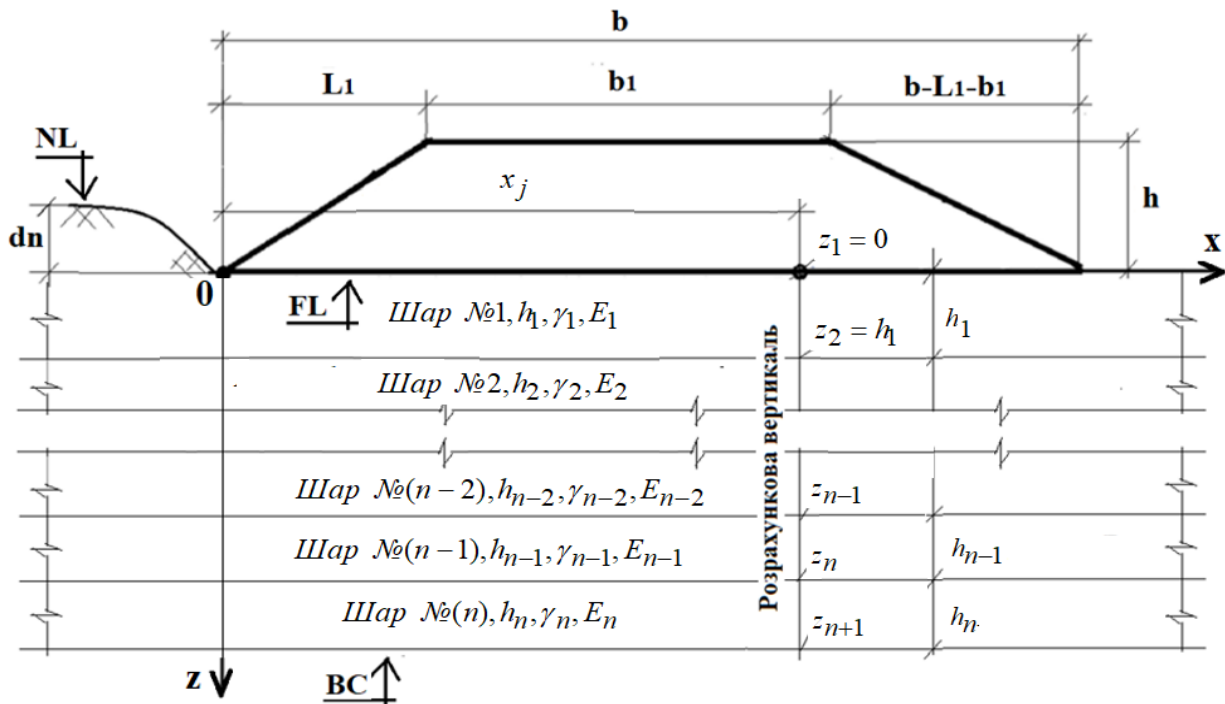


Рис. 1. Схема до визначення осідань основи насипу з трапецеїдальною формою перерізу

2.4. Якщо точка, у якій розраховують напруження від власної ваги ґрунту, знаходиться нижче рівня ґрунтових вод, то замість густини  $\gamma_i$  слід приймати густину ґрунту у зваженому стані у воді, яку слід розраховувати за формулою  $\gamma_{sb,i} = \frac{\gamma_{s,i} - \gamma_w}{1 + e_i}$ . Тут  $\gamma_{s,i}$  – густина часток ґрунту;  $\gamma_w$  – густина води;  $e_i$  – коефіцієнт пористості;  $i$  – номер елементарного шару ґрунту.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Shapoval V. H., Pavlychenko A. V., Shuminskyi V. D., Skobenko O. V., Barsukova S. O. Stressed – deformed state of dam foundations made of soil material with a trapezoidal transverse profile. Multi-authored monograph “Key trends of integrated scientific and technological development of mining regions”, pp. 212-228, p. 212-228.

**ANALYSIS OF ROCK MASS GEODYNAMICS IN TERMS OF EMERGENCY  
HOSTEL BUILDING WITHIN THE TECHNOLOGICAL INFLUENCE  
OF THE AREA OF SUBWAY CONSTRUCTION**

**Sadovenko I. O.\*, Dereviahina N. I.\*, Bieliashov M. V.\***

\*Dnipro University of Technology, Dnipro

**Abstract.** This study examines a subsidence incident at a hostel in Dnipro City, located on loess geological deposits. The analysis is based on data from visual observations, inspections, and engineering surveys. Findings reveal that prolonged groundwater level fluctuations, caused by technogenic leakage, have led to significant soil saturation and subsidence. Initially, deep soil saturation occurred due to leaks from the communications, followed by surface water accumulation. The study highlights that this subsidence is part of a larger problem affecting several buildings in the area. Recommendations include reinforcing the damaged building structures and mitigating the issue of uncontrolled moisture in the loess deposits.

The analysis relies upon the available data, namely: visual observations of a hostel building deformation including photofixation of a shape of the building corner part subsidence; inspection of the building basement; observations of the authors about neighbouring territory during a year preceded the accident; data on the nonavailability of suffusion soil loosening within the building as well as neighbouring areas before the emergency situation happened; information concerning loess slurry accumulation in a ditch excavated within the sidewalk opposite to educational building of Dnipro University of Technology; and results of engineering and geological survey by DB of the SE 'UkrNDPNTV' (city of Dnipro).

Hostel building where emergency basement subsidence has happened, belongs to the upper part of Dnipro City located at loess geological deposits being ground bases for all available buildings.

During the previous 25-30 years, background formation of the ground water surface level took place at  $\approx 15$ -20-m depth compared to former  $\approx 30$ -40-m depth. The abovementioned resulted in background (planar) subsidence of both surface and building foundations due to specific characteristics of loesses, which experience subsidence if their watering exceeds critical value. In the context of cities, the plane water table rise is connected with technogenic leakage flow from the water-bearing supply lines. In the course of the engineering and geological survey, the watered soil zones have been identified within the areas of emergency hostel building shares as well as near southeast part of the structure.

Visual soil description and laboratory tests of water content on the samples taken from all probe wells outside the watered zone demonstrate almost half as much values to compare with the values from the recorded zone. The watered sites indicate technogenic impact on water network soil as well as disturbance of asphalt pavement.

As for shares of the hostel building adjoining the emergency zones, the laboratory tests have helped assume that soil watering in the area took several stages; first, gradual deep soil watering happened due to leakages from water network of a boiler room located in the hostel basement; then, the top soil share watering took place owing to emergency flow accumulation. The assumption contained a contradiction since a probe well on the other side of the building did not record similar results in terms of a graph of changes in soil moisture depending upon depth.

In this regard, it is required to explain the drastic decrease of soil moisture in the indicated way if dome-shaped saturation from the boiler room basement is meant. Dense water network between the boiler room and neighbouring building in D. Yavornytsky Avenue should also be taken into consideration. The contradiction is supported by the availability of analogous zones being recorded at a considerable distance in another direction. The contradiction helps conclude that the boiler room impact is similar to the general background. Numerous buildings in the up-

per part of the city response to the process differs depending upon their functional status; nevertheless, in the majority of cases, the deformations are not of emergency nature.

The current emergency situation with the building under analysis results from local intensive water supply of soil formation of aeration zone which formed extensive dome-shaped watering of loess soil when critical value was exceeded; the abovementioned caused rapid basement subsidence as well as perimeter pavement hole in the corner share of the hostel building (Fig. 1).



Fig. 1. Hole shape near the hostel corner at the intersection of Haharin Avenue and D. Yavornytsky Avenue at the time of the accident

Downward earth leakage was supplied by a ditch located at a distance of several meters from a corner part of the building. More than a year, the ditch remained open without any waterproof fencing. Taking into consideration the asphalt surface slopes, time, and water absorption amount, such a dome-shaped earth leakage manifested after the accident in the building basement in the form of occasional drops from the structural wall separation zone and foundation blocks (corner part of the buildings). It corresponds to earth leakage of loess soil as well as water saturation contour.

The weight of evidence suggests that intensification of the leakage flow towards corner share of the building and further along it through backfilling up to a discharge zone (the Dnieper River) resulted from hydraulic soil erosion during trenchless laying of service lines. Geophysical survey data record it.

Suffosion flow between the ditch near the hostel corner and ditch excavation in the neighborhood of massive granite pedestal has been identified (visual amount of the excavated ground denoted ~ 5-m depth which is quite sufficient for more than 0.4 flow gradient formation causing suffosion loess loosening). The abovementioned agrees with the data on water content changes in the adjacent well. Asphalt pavement hole, basement subsidence with separation from the structural wall as well as an archwise crack with an opening being visualized over 10-cm range correspond to laboratory definitions of relative 3-5-% subsidence, and are limited by soil layers settled down 10 m which localized further emergency subsidence. Moreover, immediate hole concreting also favoured it.

Taking into consideration local manifestations of soil subsidence and archwise deformation of the structural wall within the ground floor, fast strengthening of the misshapen wall share in the form of metal reinforcement has been recommended and performed. In addition, according to requirements, all ditches were liquidated in Dmytro Yavornytsky Avenue within the boundaries of adjacent buildings.

#### REFERENCES

1. DBN B.1.1-45:2017. Buildings and structures in complex engineering and geological conditions.
2. DBN B.2.1-10:2018. Foundations of buildings and structures. General provisions.
- 3, DBN B.1.2-12-2008. System for ensuring the reliability and safety of construction objects. Construction in densely built-up areas. Safety requirements.
4. Conclusion on the causes, consequences, and recommendations for eliminating the emergency condition of Dormitory No. 2 of NTU "Dnipro Polytechnic," 17 Dmytro Yavornytskyi Avenue (as of 20.10.2019) / I.O. Sadovenko, N.I. Dereviahina // NTU "Dnipro Polytechnic." 14 pages.
5. Book 1. Report on engineering-geological and geophysical surveys to provide conclusions on geological processes occurring in the adjacent area to Dormitory No. 2 of the National University "Dnipro Polytechnic" (17 Dmytro Yavornytskyi Avenue). Book 1 – Engineering-geological surveys (provided by "DniproDIINTR," D/F SE "UkrNDIINTV," Dnipro).

## ІМЕННИЙ ПОКАЖЧИК

<b>Bieliashov M. V.</b> .....	46	<b>Мальцева В. Є.</b> .....	27
<b>Dereviahina N. I.</b> .....	46	<b>Марченко В. І.</b> .....	15
<b>Sadovenko I. O.</b> .....	46	<b>Мінєєв С. П.</b> .....	27
<b>Банніков Д. О.</b> .....	8, 11, 13, 35	<b>Мірошник В. А.</b> .....	30
<b>Вапнічна В. В.</b> .....	17	<b>Нікіфорова Н. А.</b> .....	13
<b>Винников Ю. Л.</b> .....	15	<b>Пастухова С. В.</b> .....	24
<b>Вялушкін Є. О.</b> .....	27	<b>Пилипенко Ю. М.</b> .....	33
<b>Гайко Г. І.</b> .....	17	<b>Положечко О. Ю.</b> .....	35
<b>Ган А. Л.</b> .....	17	<b>Пустовойтова О. М.</b> .....	38
<b>Ган О. В.</b> .....	17	<b>Скобенко О. В.</b> .....	44
<b>Гапєєв С. М.</b> .....	44	<b>Трикоз Л. В.</b> .....	38
<b>Гаркуша М. В.</b> .....	19	<b>Трохимець М. Я.</b> .....	27
<b>Дубінчик О. І.</b> .....	22	<b>Тютькін О. Л.</b> .....	30, 40, 42
<b>Зінченко О. С.</b> .....	38	<b>Федоров К. Є.</b> .....	42
<b>Ільницький І. М.</b> .....	22	<b>Харченко М. О.</b> .....	15
<b>Камчатна С. М.</b> .....	38	<b>Шаповал В. Г.</b> .....	44
<b>Кільдєєв В. Р.</b> .....	40	<b>Шашенко О. М.</b> .....	44
<b>Кічасов О. С.</b> .....	15	<b>Шумінський В. Д.</b> .....	44
<b>Клюєв Е. С.</b> .....	33	<b>Янжула О. С.</b> .....	27
<b>Кузнєцов В. А.</b> .....	24		