

Р.О. ТИМЧЕНКО, д-р техн., наук., проф.,  
Д.А. КРИШКО, О.Б. НАСТИЧ, кандидати техн., наук, доценти,  
Н.С. ГАЛЕЧАН, В.С. МОРИКОНЬ, Ю.Ю.МІНЬКО, магістранти  
Криворізький національний університет

## ОСОБЛИВОСТІ ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ БУРОНАБИВНИХ ПАЛЬ

**Мета.** Розкриття послідовності влаштування буронабивних паль і взаємодія їх із ґрунтовим масивом у процесі їх виготовлення.

**Методи дослідження.** Нині спосіб розрахунку несучої здатності палі за нормативними регламентами дає недостатньо точні результати (знижує несучу здатність за певних інженерно-геологічних умов). Крім того, аналітичний метод розрахунку має суттєве обмеження, оскільки розроблений для паль глибиною занурення до 40 м, що не дає змоги врахувати підвищення опору по бічній поверхні та під вістрям паль, розташованих на більшій глибині.

**Наукова новизна.** Виконано оцінку впливу взаємодії паль, що виготовляються в ґрунті, з ґрунтовим масивом у період їх виготовлення на несучу здатність по ґрунті для точного розрахунку.

**Практична значимість.** Наведено послідовність влаштування, сферу застосування деяких технологій виготовлення буронабивних паль у ґрунті, висвітлено їхні переваги та недоліки з економічної та технічної точки зору. Виконано оцінку впливу взаємодії паль, що виготовляються в ґрунті, з ґрунтовим масивом у період їхнього виготовлення на несучу здатність палі для точного розрахунку та ефективність застосування паль.

**Результати.** Представлено графіки розрахункових опорів ґрунтів на бічній поверхні палі і їхнім нижнім кінцем залежно від глибини розташування шару та показника плинності. Показано, що в процесі виготовлення палі на слабких ґрунтах збільшення периметра палі сягнуло 114% під дією тиску бетону під час бетонування і, як наслідок, на слабких ґрунтах можлива перевитрата бетону до 130%. Зроблено оцінку несучої здатності бурових паль, що виготовляються в ґрунті, з урахуванням технології виготовлення та їхнього розташування за глибиною в ґрунтах. Отримано та проаналізовано результати нелінійної екстраполяції опорів ґрунтів залежно від фізичних властивостей ґрунтів на бічній поверхні та під п'ятою бурових паль, що виготовляються в ґрунті.

**Ключові слова:** ґрунти, основа, технологія виготовлення паль.

doi: 10.31721/2306-5435-2024-1-112-50-56

**Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями.** В даний час напрямки розвитку у великих і малих містах характеризуються висотними будівлями і спорудами з розвиненим підземним простором. Ці споруди передають значні навантаження на ґрунти основи, тому необхідно заглиблювати палі на велику глибину в надійних ґрунтах. Унаслідок тривалих геологічних процесів, що відбувалися тисячі років тому, слабкі ґрунти вкрай нерівномірно розподілені за глибиною і площею залягання. Оцінка несучої здатності палі залишається одним зі складних розділів у геотехнічних розрахунках за винятком простих розрахункових схем, відображених у технічних регламентах. Найбільш надійною теоретичною базою для кількісної оцінки несучої здатності палі на вертикальне навантаження є статичний польовий метод. Таким чином, підвищення точності та достовірності розрахунків несучої здатності палі, що виготовляються в ґрунті, в інженерно-геологічних умовах дає змогу визначити підходящу технологію виготовлення палі і оптимальні розміри (діаметр, довжина) з метою підвищення надійності, зниження їх ресурсоемності, витрат на будівництво, тому тема дослідження є актуальною.

**Аналіз досліджень і публікацій.** Питанням вивчення несучої здатності палі приділяли велику увагу такі дослідники: С. Я. Боженков, І. П. Бойко, О. О. Бірюков, О. Л. Готман, Н. З. Готман, В. М. Голубков, Б. І. Далматов, Б. І. Дідух, В. В. Знаменський, О. А. Луга, Л. С. Лапідус, Ф. К. Лапшин, Р. А. Мангушев, Н. С. Нікітіна, О. І. Осокін, В. Н. Парамонов, О. Б. Пономарьов, Ю. В. Россіхін, О. В. Самородов, О. А. Сахаров, С. М. Сотніков, З. Г. Тер-Мартиросян, А. З. Тер-Мартиросян, Р. О. Тімченко, В. М. Улицький, В. С. Уткін, О. Б. Фадєєв, В. Г. Шаповал, А. Г. Шашкін, В. Б. Швець, М. Т. Davisson, Е. Е. Debeer, J. V. Hansen, F. K. Chin та інші [1-15].

**Постановка задачі.** Розкриття послідовності влаштування буронабивних паль і взаємодія їх із ґрунтовим масивом у процесі їх виготовлення.

**Викладення матеріалу та результати.** Рішення з використанням паль, що виготовляються в ґрунті, стає дедалі популярнішим і широко застосовується у світі та в Україні зокрема. Палі, що виготовляються в ґрунті, дають змогу передати значні навантаження на основу (до 2 МПа) від

висотних будівель і важких споруд. Ці палі широко використовуються в цивільному і промислово-будівництві, оскільки, можуть застосовуватися в будь-яких інженерно-геологічних умовах, в тому числі в нестійких і водонасичених пилювато-глинистих ґрунтах, відсутність динамічних впливів на конструкції наявних будівель і споруд, розташованих поруч із будівельним майданчиком, що дуже ефективно в умовах обмеженої міської забудови для великих і малих міст. У практиці будівництва відомі приклади влаштування палей, що виготовляються в ґрунті, в районах із поширенням слабких ґрунтів глибиною до 110 м діаметром 3,8 м (міст Jiashao в Китаї).

Визначення несучої здатності палей виконується за технічними регламентами з визначенням несучої здатності палей довжиною до 40 м. Однак нині тенденції розвитку сучасного висотного будівництва вимагають використання палей зі значно більшою глибиною закладення на міцних ґрунтах, що ніяк не відображено в нормах.

Сучасні технічні регламенти і принципи проектування обмежені опорами ґрунтів по бічній поверхні і під вістрям палей до 40 м. Тим часом будівництво висотних будівель і підземних споруд вимагає застосування палей глибшого закладення. Прийнята методика розрахунку несучої здатності палей з максимальною глибиною закладення п'яти палей до 40 м від поверхні планування не дає змоги враховувати підвищення опору по п'яті та бічній поверхні палей на великих глибинах. Значення опорів ґрунтів по бічній поверхні палей і під їхнім нижнім кінцем отримано на основі опрацювання результатів випробувань, виконаних за різноманітними методиками, для палей, занурених у різні ґрунти.

На опір ґрунту по бічній поверхні палей і під її нижнім кінцем впливають характеристики ґрунту (показник плинності  $I_L$ , коефіцієнт пористості  $e$ ), глибини розташування палей від поверхні планування, швидкості бетонування, а також технологія виготовлення палей в ґрунті.

На рис. 1, 2 представлено графіки розрахункових опорів ґрунтів на бічній поверхні палей і їхнім нижнім кінцем залежно від глибини розташування шару  $Z$  і показника плинності  $I_L$ .

Характер зміни граничного опору ґрунтів на бічній поверхні (рис. 1) і під вістрям палей (рис. 2) залежно від глибини закладення до 40 м і фізичних властивостей ґрунтів і що не дає змоги враховувати підвищення опору на боковій поверхні палей та під її вістрям після 40 м, є актуальним питанням.

Нині існує безліч різних технологій і типів обладнання для влаштування палей. Згідно з нормативами [16-18], буронабивні палей за способом влаштування поділяють на такі типи:

Набивні палей:

набивні, що влаштовуються шляхом занурення (забиванням, вдавленням або загвинчуванням);

набивні віброштамповані;

бурові палей:

бурові суцільного перерізу з розширенням і без них;

бурові за допомогою технології безперервного повного шнека (CFA);

барети (barrette);

бурові з камуфлетною п'ятою;

буроін'єкційні діаметром 0,15...0,35 м;

палей-стовпи;

буроопускні палей з камуфлетною п'ятою.

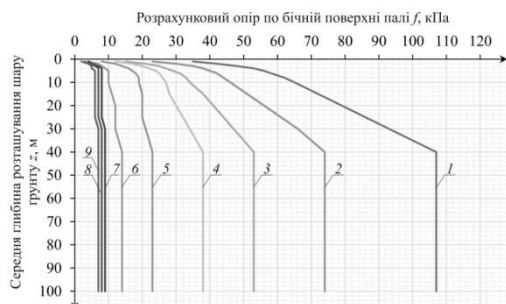


Рис. 1. Залежність розрахункового опору ґрунтів по бічній поверхні палей від глибини розташування шару  $Z$  і показника плинності  $I_L$

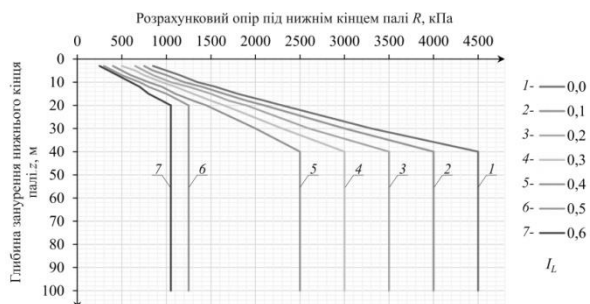


Рис. 2. Залежність розрахункового опору ґрунтів під нижнім кінцем палей від глибини розташування шару  $Z$  і показника плинності  $I_L$

У будівельній практиці переважно використовують такі вітчизняні технології виготовлення буронабивних паль: технологія прохідного шнека; технологія глинистого розчину; технологія обсадної труби; технологія "DDS".

У табл. 1 наведені деякі геометричні параметри паль, значення навантажень під час випробувань і ґрунти розташовані під вістрям паль.

Таблиця 1

Геометричні параметри паль, значення навантажень під час випробувань і ґрунти розташовані під вістрям паль

Найменування технології	Діаметр паль $D$ , м	Довжина паль $L$ , м	Максимальне навантаження під час випробуваннях $N$ , кН	Ґрунти розташовані під вістрям паль
Технологія прохідного шнека	до 0,67	до 30	до 3000	глини тверді піски середньої крупності, великі та гравелісти, щільні
Технологія глинистого розчину	до 0,62	до 35	до 3500	
Технологія обсадної труби	до 2,00	до 85	до 136000	
Технологія DDS	до 0,62	до 30	до 4000	суглинки тугопластичні і напівтверді; супіски та глини тверді піски пилюваті та гравелісти, щільні

Технологія прохідного порожнистого шнека (CFA – Continuous Flight Auger) проявила себе з позитивного боку під час застосування в середньодеформованих ґрунтах.

Неврахування тискотропного зменшення водонасичених пилюватоглинистих ґрунтів, що виникає в навколосвайному масиві ґрунту під час влаштування паль за цією технологією, за умови послідовного виготовлення паль без "відпочинку" призводить до істотної перевитрати бетонної суміші (у 2-7 разів). Підвищена витрата бетонної суміші, як правило, має місце, коли в інженерно-геологічному розрізі майданчика присутні значні за товщиною шари плинних, текучепластичних суглинків і супісків із низькими характеристиками міцності.

До переваг цієї технології належать:

- високу продуктивність, яка значно вища за технології влаштування паль з обсадною трубою або під захистом глинистого розчину;
- відносну економічність порівняно з іншими технологіями бурових паль.

До недоліків можна віднести:

- під час роботи в слабких водонасичених ґрунтах на поверхню може вилучатися об'єм ґрунту, що значно перевищує геометричний об'єм свердловини (ефект налипання ґрунту на шнек);
- висока ймовірність утворення дефектів у тілі паль у водонасичених пилюватоглинистих ґрунтах, що сильно деформуються.

Рекомендації щодо влаштування бурових паль за допомогою прохідного шнека:

- технологія влаштування бурових паль може активно використовуватися на невеликих будівельних майданчиках у міських умовах обмежених просторів;

- вона ефективна на складних ґрунтах;

- добре зарекомендувала себе як засіб для посилення основ і фундаментів у разі їхньої перевантаженості або збільшення поверховості споруди;

- у разі точкової забудови, якщо новий об'єкт зводиться на невеликій відстані від уже наявних будівель;

- у випадках, коли потрібно провести реконструкцію старих, зокрема аварійних споруд, що дає змогу уникнути динамічних навантажень, здатних призвести до деформації та руйнування фундаменту;

На рис. 3 представлено технологічну схему влаштування паль за допомогою прохідного шнека.

Технологія обсадної труби полягає в зануренні інвентарної труби з одночасним обертанням і вдавненням. Як правило, товщина стінки труби становить до 40 мм. Колона обсадної труби складається з жорстко закріплених між собою окремих секцій. Ця технологія влаштування паль може бути застосована в ґрунтах, що мають низькі фізико-механічні показники, а також у во-

донасичених ґрунтах. Обсадна труба запобігає неминучому обваленню стінок пробурюваної свердловини, тим самим формуючи чіткі межі майбутньої палі.

До переваг цієї технології можна віднести:

можливість влаштування палі великих геометричних параметрів: довжини і діаметра;

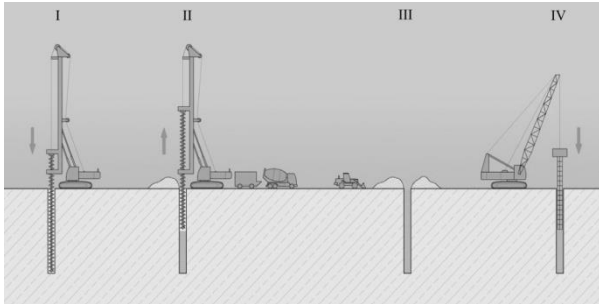
високу несучу здатність палі по ґрунту і за матеріалом порівняно з порожнистим шнеком і глинистим розчином.

До недоліків технології належать:

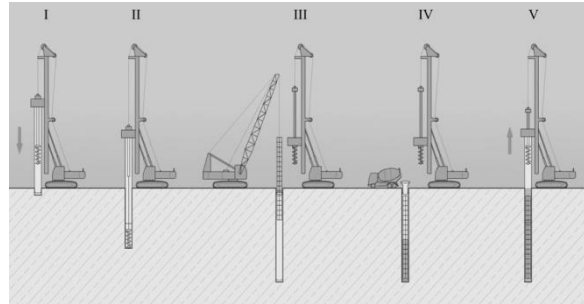
можливість перебору ґрунту зі свердловини внаслідок ефекту "підсмоктування" слабого водонасиченого ґрунту;

висока вартість порівняно з іншими технологіями бурових палей.

На рис. 4 представлено технологічну схему влаштування палей під захистом обсадної труби.



**Рис. 3.** Технологічна схема влаштування палей прохідним шнеком: I – буріння ґрунту колоною порожнистих шнеків; II – заповнення свердловини бетоном через колону шнеків за допомогою бетононасоса; III – прибирання вибуреного ґрунту з гирла свердловини; IV – установка армокаркаса в свердловину за допомогою віброзанурювача



**Рис. 4.** Технологічна схема влаштування палей під захистом обсадної труби: I – занурення колони обсадних труб у ґрунт; II – витяг ґрунту з обсадної колони; III – занурення армокаркаса в свердловину; IV – заповнення свердловини бетоном; V – вилучення обсадних труб

Технологія виготовлення палей під захистом глинистого розчину широко використовувалася в п'ятдесяті роки минулого століття. Цей метод теоретично обґрунтований у роботах Н. М. Герсєванова.

Технологія виготовлення палей під захистом глинистого розчину максимально ефективна в нестійких і водонасичених ґрунтах.

У пробурену свердловину відбувається безперервна подача глинистого розчину, який запобігає обваленню стінок свердловини завдяки великій об'ємній вазі, яку має розчин. За допомогою глинистого розчину створюється надлишковий тиск на будь-якій глибині, внаслідок чого ґрунтовий масив утримується на стінках свердловини.

Щільність глинистого розчину перебуває в діапазоні від 1,15 до 1,30 г/см<sup>3</sup>.

За такого значення густини глинистий розчин утримує стінки свердловини, додатково створюючи тонкий, але досить стійкий шар. Під час циркуляції потік розчину вимиває розпушені породи на поверхню. Бетонування палей проводиться методом вертикально переміщуваної труби (ВПТ). Під час заповнення свердловини бетонною сумішшю глинистий розчин витісняється висхідною бетонною сумішшю. У процесі бетонування глинистий розчин витісняється по затрубному простору в зону гирла свердловини, після чого відводиться у відстійник по напрямних лотках для очищення і вторинного використання.

До переваг цієї технології можна віднести:

мінімальний вплив виконання робіт на навколишні будівлі в умовах обмеженої міської забудови.

До недоліків технології належать:

необхідність влаштування на будівельному майданчику міні-заводу зі зберіганням, обробкою і подачею бентонітової глини;

забрудненість майданчика бентонітовим шламом;

порівняно висока вартість порівняно з технологією виготовлення палей порожнистим шнеком.

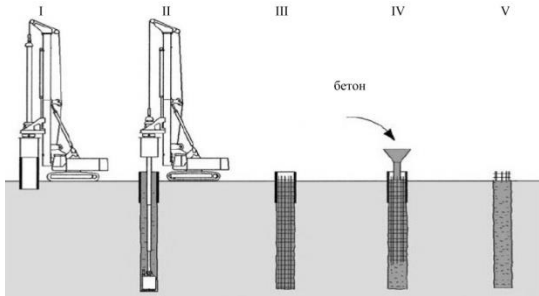
На рис. 5 представлено технологічну схему влаштування палей під захистом глинистого розчину.

Таким чином, вибір технології виготовлення бурових палей слід виконувати залежно від ін-

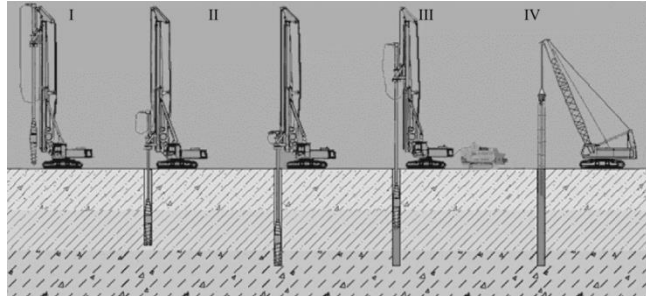
женерно-геологічних умов і розташування об'єкта відносно навколишньої забудови, водночас необхідно враховувати особливості кожної технології для забезпечення достовірності та достатності обраного варіанта.

Технологія влаштування буронабивних паль ущільнення типу "DDS" (Drilling Displacement System), заснована на принципі розкочування свердловин. Палі влаштовуються без виїмки ґрунту, з ущільненням стінок свердловини, із застосуванням розкачувача.

На рис. 6 представлена технологічна схема влаштування паль типу "DDS".



**Рис. 5.** Технологічна схема влаштування паль під захистом глинистого розчину: I – встановлення кондуктора на контрольну точку; II – буріння під захистом глинистого розчину; III – встановлення арматурного каркаса після очищення свердловини; IV – бетонування палі способом вертикально переміщуваної труби (ВПТ); V – витяг кондуктора, готова палі



**Рис. 6.** Технологічна схема влаштування паль DDS: I – установка бурового верстата на точку; II – занурення бурового інструменту із системою ущільнення до проектної позначки; III – витяг бурового інструменту з одночасним зачачуванням бетону; IV - занурення армокаркаса віброзанурювачем за допомогою крана

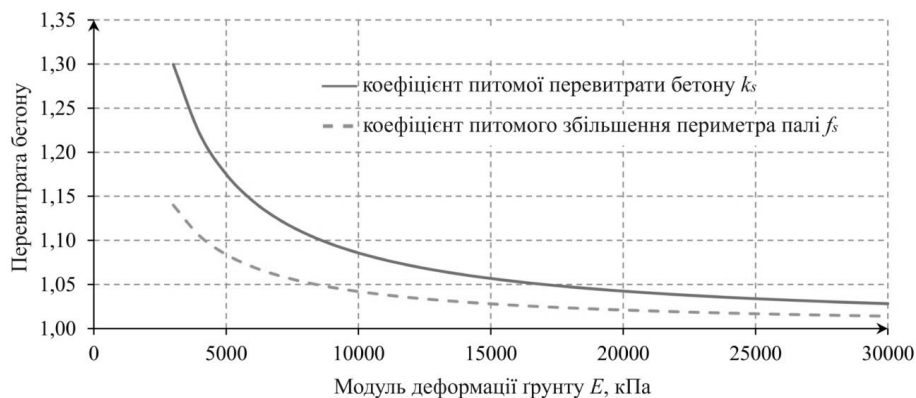
До переваг цієї технології можна віднести:

- збільшення несучої здатності по бічній поверхні за рахунок ущільнення стінок свердловини (приблизно на 30%);
- високу продуктивність (від 200 до 1200 погонних метрів за зміну);
- відсутність вібрації і шламу під час буріння;
- відсутність перевитрати бетону, оскільки ущільнені стінки свердловини перешкоджають розтіканню бетону.

До недоліків технології належать:

- максимальна довжина обмежена 30 м;
- обмеження під час роботи в щільних ґрунтах.

На рис. 7 представлено графік зміни коефіцієнта переходу бетонної суміші та коефіцієнта питомого збільшення периметра палі залежно від модуля деформації ґрунту.



**Рис. 7.** Графік розподілу коефіцієнтів перевитрати бетону та коефіцієнта питомого збільшення периметра палі залежно від модуля деформації ґрунту

Процес влаштування бурових паль призводить до порушення і руйнування структурних зв'язків у ґрунті, що оточує свердловину, тому витрата бетонної суміші має нерівномірний розподіл по глибині палі. Визначено, що можливе збільшення витрати бетонної суміші до 130%. Це призводить до ущільнення ґрунту навколо свердловини, тому збільшується тertia по бічній

поверхні палі. У процесі влаштування палі здійснювався контроль витрати бетонної суміші в процесі бетонування. Паспорт бетонування палі БНП діаметром 1200 мм наведено на рис. 8.

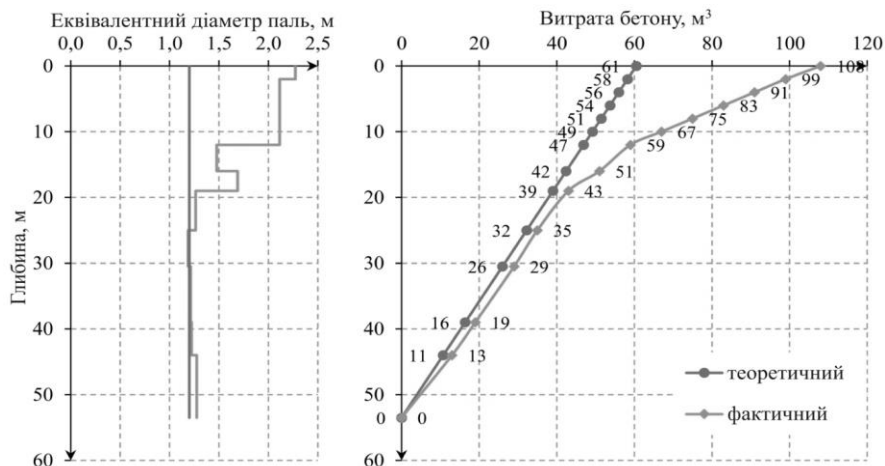


Рис. 8. Графік зміни еквівалентного діаметра палі за глибиною і витрати бетону під час влаштування бурової палі діаметром 1200 мм

Таким чином, обсяг укладеного бетону в захоплення склав: 108 м<sup>3</sup>. Перевитрата склала 78,58%. Факт значного збільшення витрати бетонної суміші під час бетонування стовбура палі та можливий його нерівномірний і складніший розподіл по глибині палі.

**Висновки та напрямок подальших досліджень.** Нині спосіб розрахунку несучої здатності палі за нормативними регламентами дає недостатньо точні результати (занижує несучу здатність за певних інженерно-геологічних умов). Крім того, аналітичний метод розрахунку має суттєве обмеження, оскільки розроблений для палі глибиною занурення до 40 м, що не дає змоги врахувати підвищення опору бічною поверхнею і під вістрям палі, розташованих на більшій глибині. Наведено та проаналізовано послідовність робіт за кожною технологією виготовлення палі, що виготовляються в ґрунті, відображено їхні переваги та недоліки з економічної та технічної точки зору. Показано, що в процесі виготовлення палі на слабких ґрунтах збільшення периметра палі сягнуло 114% під дією тиску бетону під час бетонування і, як наслідок, на слабких ґрунтах можлива перевитрата бетону до 130%. Зроблено оцінку несучої здатності бурових палі, що виготовляються в ґрунті, з урахуванням технології виготовлення та їхнього розташування за глибиною в ґрунтах. Отримано та проаналізовано результати нелінійної екстраполяції опорів ґрунтів залежно від фізичних властивостей ґрунтів на бічній поверхні та під п'ятою бурових палі, що виготовляються в ґрунті.

Напрямок подальших досліджень спрямований з охопленням нових технологій влаштування палі в складних інженерно-геологічних умовах.

### Список літератури

1. Взаємодія фундаментних конструкцій і нерівномірно-деформованої основи / Р. О. Тімченко, Д. А. Кришко, Т. А. Марінова, В. А. Ганженко // Вісник КНУ – Кривий Ріг, 2023. – Вип. 56. – С. 174-180.
2. Напружено-деформований стан плитно-пального фундаменту / Р. О. Тімченко, Д. А. Кришко, В. О. Савенко, О. А. Белков, А. І. Гаркуша, А. В. Кокович // Вісник КНУ – Кривий Ріг, 2023. – Вип. 57. – С. 37-42.
3. Применение геоинформационных систем в инженерно-геологических изысканиях / Р. А. Тимченко, Д. А. Кришко, С. О. Попов, М. О. Кравченко, Ю. В. Чугай // 36. науч. ст. "Галузеве машинобудування, будівництво". – Полтава: ПолтНТУ, 2013. – Вип. 3 (38). – Т.2. – С. 359-367.
4. Тимченко Р. А., Кришко Д. А. Особенности совместного расчета системы «основание – фундамент – верхнее строение» высотных зданий // Вісник Криворізького національного університету. – Кривий Ріг: КНУ, 2014. – Вип. 36. – С. 117-122.
5. Применение математического моделирования для оценки напряженно-деформированного состояния системы „основание – фундамент – верхнее строение” в сложных инженерно-геологических условиях / Р. А. Тимченко, Д. А. Кришко, С. О. Попов, А. П. Сухан // 36. науч. ст. "Строительство. Материаловедение. Машиностроение". Серия: Компьютерные системы и информационные технологии в образовании, науке и управлении. – Дн-ск: ПГАСА, 2014. – Вып. 78. – С. 263-269.
6. Application of new constructive solutions of high buildings' zero cycle during building in difficult engineering and geological conditions / R.A. Timchenko, D.A. Krishko, S.I. Holovko, R. Goodary, A. Aniskin // E3S Web of Conferences. The 3rd International Conference on Sustainable Futures: environmental, technological, social and economic matters Series:

Earth and Environmental Science (ICSF 2022) Kryvyi Rih National University, Kryvyi Rih, Ukraine May 24-27, 2022 – Vol. 1049 (2022) 012032 – DOI:10.1088/1755-1315/1049/1/012032.

7. **Бойко І.П., Сахаров В.О., Сахаров С.О.** Дослідження динамічних властивостей конструкцій системи «основа – фундамент – надземні конструкції» // Основи і фундаменти: Міжвідомчий науково-технічний збірник. – 2006. – Вип. 30. – С. 147-152.

8. **Boyko I., Sakharov O., Nemchynov Yu.** The peculiarities of stress-strain state at interaction of high-rise buildings and structures with the base // Proc. of the 16th International Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering. – 2005. – vol. 2 – pp. 1447-1449.

9. **Романенко О. В., Борзяк О. С., Лютий В. А.** Інженерно-геологічні дослідження для будівництва: навч. посібник. – 2022. – 100 с.

10. **Климчук Л.М., Блінов П.В., Величко В.Ф.** Сучасні інженерно-геологічні умови України як складова безпеки життєдіяльності. – 2008. – 224 с.

11. **Coduto Donald P.** Foundation Design: Principles and Practices. – New Jersey: Prentice Hall, 2001. – 883 p.

12. **Frank R.** Some aspects of soil-structure interaction according to Eurocode 7 «Geotechnical design» // Engenharia Civil. – Vol. 25, 2006. – PP. 5–16.

13. **Tomlinson, M. J., Boorman R.** Foundation design and construction. – Edinburgh: Prentice Hall, 2001. – 583 p.

14. **Hanisch J., Katzenbach R., König G.** Kombinierte Pfahl-Plattengrundungen. Ernst&Sohn. – 2002. – 222 p.

15. **Katzenbach, R., Leppla S.** Combined Pile-Raft Foundations (CPRF) in theory and engineering practice Current developments – 2016. – 64 p.

16. **ДБН В.1.1-45:2017.** Будівлі і споруди в складних інженерно-геологічних умовах. Загальні положення – К.: Мінрегіонбуд, 2017. – 35 с.

17. **ДБН В.2.1-10:2018.** Основи і фундаменти будівель та споруд. – К.: Мінрегіонбуд, 2018. – 40 с.

18. **Eurocode 7.** Geotechnical design in european engineering practice. – 1996. – 123 p.

Рукопис подано до редакції 29.03.24

УДК [622.34:622.232]:622.012

**І.П. КУШНЕРЬОВ, Ю.Ю. КРИВЕНКО, І.І. МАКСИМОВ,**

**О.Л. ШЕПЕЛЬ,** кандидати техн. наук, доценти, **В.О. КАЛІНІЧЕНКО,** д-р техн.наук, проф,

**С.О. ФЕДОРЕНКО,** ст. викладач

Криворізький національний університет

## **ВІДПРАЦОВАННЯ ПАРАЛЕЛЬНО ЗБЛИЖЕНИХ ПОКЛАДІВ КОРИСНИХ КОПАЛИН**

**Метою роботи** є дослідження та розробка інноваційної технології відпрацювання паралельно зближених покладів, яка забезпечує ефективність очисного виймання корисних копалин, стійкість конструктивних елементів системи розробки та збереженість денної поверхні.

**Методи досліджень.** Аналіз та узагальнення існуючих технологій виймання зближених плаstopодібних покладів. Конструктивне моделювання елементів системи розробки зближених пластів та порядку їх відпрацювання. Аналітичні дослідження процесу склепінутворення в міжпластовій товщі порід при виїмці нижнього покладу. Для обробки даних та прийняття значень гірничо-геометричних параметрів, які характерні для умов підземної розробки корисних копалин, застосовувались методи математичної статистики.

**Наукова новизна** полягає в розробці технологічної схеми відпрацювання зближених покладів з зміцненням міжпластової товщі слабких порід шляхом стійкого склепінутворення. Встановлено нові залежності параметрів виймання пластів від товщі порід міжпласта та їх властивостей, розмірів склепінутворення і штучних стрічкових ціликів з породного масиву.

**Практична значимість** полягає в залученні додаткових запасів до виймання з зближених пластів, підвищенні ефективності і безпеки добування корисних копалин та збереженні об'єктів, що підробляються. Впровадження запропонованої технології дає можливість значно покращити показники вилучення корисних копалин з зближених покладів, зберігати об'єкти інфраструктури та не відчувати родючі землі.

**Результати.** Виконано аналіз сучасного стану відпрацювання паралельно зближених покладів корисних копалин підземним способом. Досліджені процеси склепінутворення в породах міжпластової товщі. Запропонована оригінальна гофроподібна просторова конструкція з порід міжпласта та штучних ціликів. Розроблена інноваційна технологія відпрацювання паралельно зближених пластів, яка забезпечує ефективність очисного виймання корисних копалин, стійкість конструктивних елементів системи та збереженість денної поверхні. Запропонований порядок визначення параметрів створення гофроподібної просторової підтримуючої конструкції з оточуючих порід в залежності від гірничо-геологічних умов щодо потужностей пластів, товщі порід між ними та їх властивостей, а також технічних характеристик гірничого обладнання, що застосовується. Впровадження результатів досліджень дозволяють вести безпечно та ефективно відпрацювання зближених покладів корисних копалин, збереження денної інфраструктури та невідчуження родючих земель.