

## МОСТИ ТА ТУНЕЛІ: ТЕОРІЯ, ДОСЛІДЖЕННЯ, ПРАКТИКА

УДК 624.154.1:[624.042.7:539.38]

Р. О. ТИМЧЕНКО<sup>1\*</sup>, Д. А. КРИШКО<sup>2</sup>, В. О. САВЕНКО<sup>3</sup>

<sup>1\*</sup>Кафедра «Промислового, цивільного і міського будівництва», Криворізький національний університет, вул. Віталія Матусевича, 11, м. Кривий Ріг, 50027, Україна, тел. +38 (097) 295 83 53, ел. пошта radomirtimchenko@gmail.com, ORCID 0000-0002-0684-7013

<sup>2</sup>Кафедра «Промислового, цивільного і міського будівництва», Криворізький національний університет, вул. Віталія Матусевича, 11, м. Кривий Ріг, 50027, Україна, тел. +38 (067) 709 17 74, ел. пошта dak.sf.amb@gmail.com, ORCID 0000-0001-5853-8581

<sup>3</sup>Кафедра «Промислового, цивільного і міського будівництва», Криворізький національний університет, вул. Віталія Матусевича, 11, м. Кривий Ріг, 50027, Україна, тел. +38 (097) 730 56 30, ел. пошта saven.vov@gmail.com, ORCID 0000-0003-0679-8909

### ЗАСТОСУВАННЯ ПЛИТНО-ПАЛЬОВОГО ФУНДАМЕНТУ В СКЛАДНИХ ІНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГІЧНИХ УМОВАХ

**Мета.** Метою дослідження є аналіз існуючих конструкцій плитно-пальових фундаментів, визначення особливостей їх застосування та можливість їх використання в складних інженерно-геологічних умовах, а також розроблення альтернативних конструктивних рішень плитно-пальового фундаменту для їх оптимальної роботи на сейсмонебезпечних територіях із основою, яка нерівномірно деформується. **Методика.** В дослідженні проведено аналіз літературних джерел, даних про побудовані та запроєктовані плитно-пальові фундаменти, визначено їх характеристики та умови застосування. Особливу увагу приділено роботі фундаментів в умовах сейсмічних впливів. Використано різні інженерні підходи для моделювання процесів навантаження, зокрема програмні комплекси ANSYS, ABAQUS, SOFISTIK, PLAXIS для точного відображення поведінки ґрунтових масивів. **Результати.** Результатом виконаної роботи є удосконалення комбінованого плитно-пальового фундаменту за рахунок заповнення порожнин між палями і плитною частиною сейсмоізоляторів з еластичного матеріалу, що виготовляють з гуми у формі циліндру або кубу та встановлюють на оголовках фундаментних паль, що не зв'язані між собою. **Наукова новизна.** Запропоновано нове конструктивне рішення фундаменту яке враховує вплив сейсмічних навантажень та нерівномірні деформації основи. Це конструктивне рішення є новаторським завдяки використанню сейсмоізоляторів на оголовках паль, що дозволяє мінімізувати негативні впливи на фундамент в складних умовах. **Практична значимість.** Нове конструктивне рішення плитно-пальового фундаменту може застосовуватися для роботи в складних інженерно-геологічних умовах на основі, яка нерівномірно деформується на сейсмонебезпечних територіях. Це рішення сприятиме підвищенню безпечності та збільшенню строку експлуатації будівель та споруд.

**Ключові слова:** плитно-пальовий фундамент; сейсмічні навантаження; складні інженерно-геологічні умови, нерівномірна деформація, сейсмоізолятори

#### Вступ

Сучасне будівництво висуває високі вимоги до фундаментобудування через зростання поверховості будівель, і як наслідок, збільшення навантажень на фундаменти. Це, в свою чергу, призводить до необхідності розроблення інновацій в будівельній інженерії, спрямованих на створення фундаментів, що відповідають вимогам сучасного містобудування.

Гостро це питання стоїть для територій зі складними інженерно-геологічними умовами при нерівномірних деформаціях основи, а також для районів, схильних до сейсмічних впливів (Dubinchuk, 2020).

В останні роки плитно-пальовий фундамент став однією з найбільш ефективних розробок у галузі фундаментобудування. Його особливістю є здатність перерозподіляти навантаження між палями та плитою ростверку, що забезпечує підвищену надійність і стабільність конструкції.

Плитно-пальовий фундамент складається з безпосередньо паль, які об'єднані ростверком (плитою). Паль можуть бути розташовані у вигляді пальового поля, стрічок, куців або поодиноких паль. З'єднання паль із плитною частиною може бути виконане як жорстке так і шарнірне. При цьому визначальною ознакою плитно-пальового фундаменту є те, що і палі, і

## МОСТИ ТА ТУНЕЛІ: ТЕОРІЯ, ДОСЛІДЖЕННЯ, ПРАКТИКА

плитна частина є несучими та забезпечують безпосередню передачу навантаження від надфундаментної частини конструкції на основу.

Як правило плитно-пальові фундаменти застосовують при будівництві об'єктів різного конструктивного типу та архітектурно-планувальної структури в складних інженерно-геологічних умовах (ДБН, 2019) зокрема на сейсмонебезпечних територіях.

Проблему застосування плитно-пальових фундаментів досліджували такі вчені: Бойко І. П., Винников Ю. Л., Головка С. І., Кременська Ю. О., Кріпак В. Д., Петраков О. О., Підлуцький В. Л., Самородов О. В., Сахаров В. О., Тімченко Р. О., Титко О. В., Швець В. Б. та ін.

Були розглянуті особливості застосування пальових і плитно-пальових фундаментів, їх конструктивні рішення та різні комбінації.

В роботі Самородова О. В. моделювання ґрунтових основ представлено у вигляді лінійно-деформованого середовища із застосуванням потужних програмних комплексів типу ANSYS, ABAQUS, SOFISTIK, що в складних інженерно-геологічних умовах при складних деформаціях основи не показує достовірних результатів (Самородов, 2015, 2016, 2017).

В роботі Сахарова В. О. розглянуто проблему взаємодії інженерних конструкцій з нелінійною основою при сейсмічних навантаженнях розроблено і обґрунтовано нову модель поведінки ґрунту при динамічних навантаженнях, яка враховує структурну міцність, процеси в'язко-пружно-пластичної деформації об'єму та форми, а також процеси, пов'язані із поровим тиском та фільтрацією, що забезпечує моделювання реальних процесів деформування основ і фундаментів при дії сейсмічних навантажень (Сахаров, 2013, 2014, 2015).

В цих роботах розглядалась тільки лінійна і нелінійна деформація основи, що не враховувала нерівномірні деформації основи з одночасним сейсмічним впливом. Врахування таких факторів є важливим для отримання достовірних результатів і розробки ефективних конструктивних рішень і методів розрахунку.

### Мета

Метою дослідження є аналіз існуючих конструкцій плитно-пальових фундаментів, особливості їх застосування та можливість їх використання в складних інженерно-геологічних умо-

вах, а також розроблення альтернативних конструктивних рішень плитно-пального фундаменту для їх оптимальної роботи на сейсмонебезпечних територіях із основою, яка нерівномірно деформується.

### Методика

Для досягнення поставленої мети в статті розглянуто різні типи плитно-пальових фундаментів, проведено аналіз умов їх роботи, визначено особливості застосування та придатність їх роботи в складних інженерно-геологічних умовах (Кременська, 2022; Кріпак, 2023; Самородов, 2015, 2016, 2017; Сахаров, 2013, 2014, 2015; Титко, 2014).

На рис. 1-3 представлені різні типи плитно-пальових фундаментів.

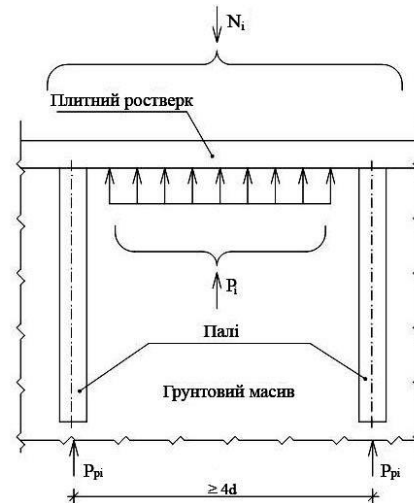


Рис. 1. Плитно-пальовий фундамент

Актуальні нормативні документи регламентують вимоги до проектування висотних будівель. Щодо ділянок будівництва необхідно провести аналіз можливості виникнення геологічного ризику та результатів розроблення прогностичної оцінки змін геологічного середовища, інженерно-геологічних та гідрогеологічних умов під впливом очікуваних навантажень від висотної будівлі.

Відповідно загальна оцінка комплексних інженерно-геологічних і техногенних вишукувань повинна містити дані, необхідні для обґрунтованого вибору типу та розрахунків розмірів фундаментів і несучих конструкцій підземної частини висотної будівлі з урахуванням прогнозу можливих змін інженерно-

геологічних та гідрогеологічних умов і розвитку небезпечних геологічних і інженерно-геологічних процесів (карстово-суфозійних, зсувних та інших) у період будівництва та експлуатації об'єкта.

Нелінійний характер деформування ґрунтів, особливості формування та трансформації напружено-деформованого стану активної зони ґрунтового масиву в зоні впливу висотної будівлі та вимоги до розрахункового моделювання цього процесу повинні суттєво відобразитися

на масштабах інженерно- та гідрогеологічних досліджень; методи визначення показників фізико-механічних властивостей ґрунтів, що складають досліджуваний масив; постановках та методах вирішення завдань щодо кількісної оцінки напружено-деформованого стану зони впливу висотної будівлі на технологію та поетапність улаштування котловану, огорожі, основи та фундаментів, підземної та надземної частини будівлі.

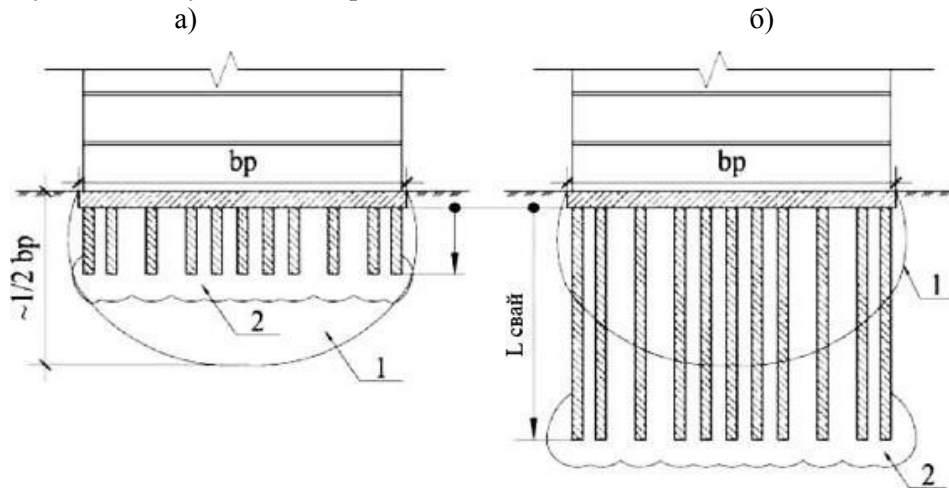


Рис. 2. Взаємодія фундаментних конструкцій з ґрунтовим масивом:  
а) пальова основа; б) пальовий фундамент; 1 – зона деформації під ростверком;  
2 – зона деформації під підошвою паль

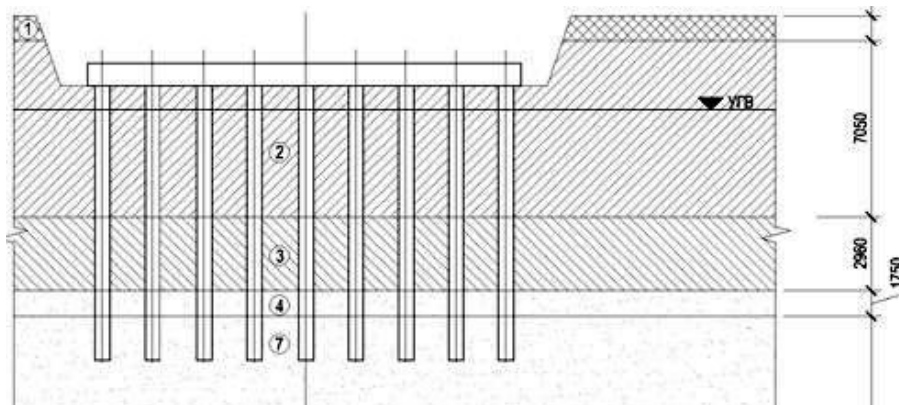


Рис. 3. Схема плитно-пального фундаменту на інженерно-геологічному розрізі

З урахуванням недостатньої розробленості методик проектування основ і фундаментів висотних будівель у проекті будівництва доцільно передбачити технічні заходи для оперативного втручання у разі розвитку нерівномірних осідань основи. Наприклад, в плиті фундаменту проектується технологічні отвори для регульованого нагнітання необхідної кількості бетону

безпосередньо в ґрунтову основу або спеціальні подушки, укладені між плитою і основою. Позитивний ефект нагнітання досягається за своєчасної компенсації місцевих деформацій зони основи, що перевантажені або зазнали випадкового негативного впливу (карст, техногенні просідання тощо). Ретельний підхід до проектування фундаментів, а також контроль їх уст-

## МОСТИ ТА ТУНЕЛІ: ТЕОРІЯ, ДОСЛІДЖЕННЯ, ПРАКТИКА

рою та поведінки при зведенні будівлі необхідні, оскільки виправлення геотехнічних помилок, допущених при проектуванні висотних будівель, значно дорожче, ніж для звичайних.

Розглянуті умови роботи для шахти «Первомайская-1» (рис. 4) та шахти «Ювілейна» (рис. 5) із урахуванням існуючих інженерно-геологічних умов. Інженерно-геологічний роз-

різ шахти «Первомайская-1» представлений: суглинок коричнево-бурий; глина червоно-бура; глина червоно-бура і яскраво-червона; пісок зелений дрібнозернистий; глина яскраво-зелена; глина худа яскраво-зелена; пісок зелений; пісок сіро-зелений; пісок кварцовий, дрібнозернистий; дресвяно-щебеневий шар; гранітно-гнейс тріщинуватий міцний.

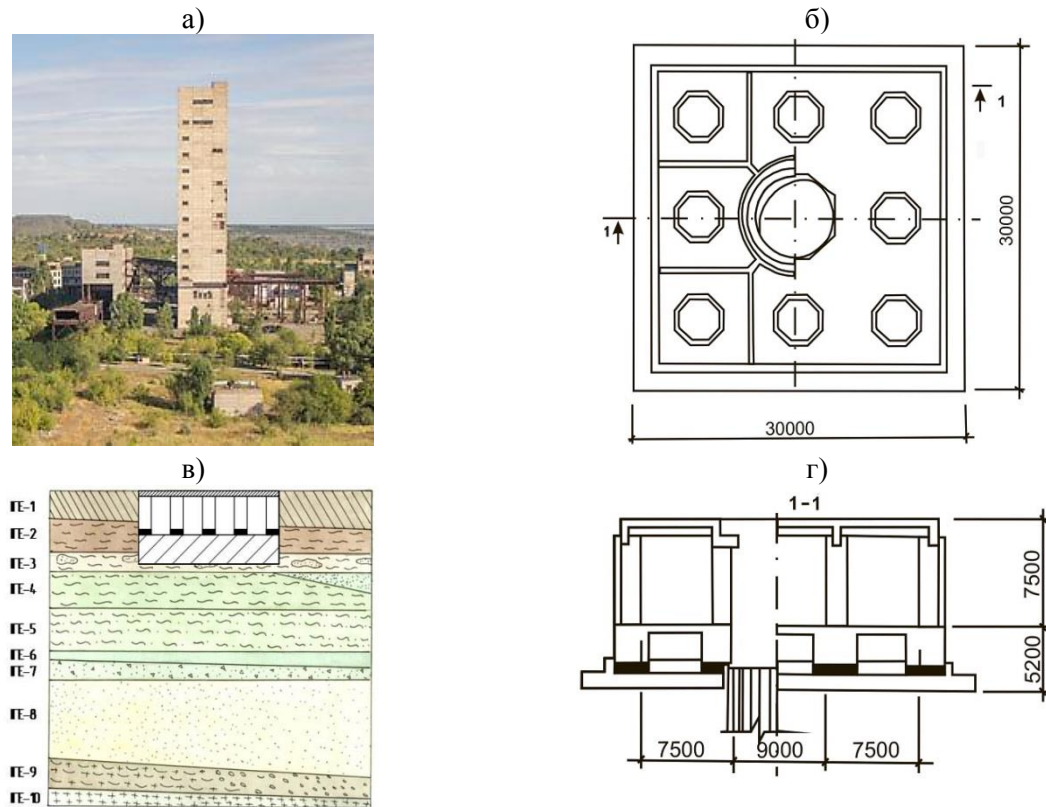


Рис. 4. Фундамент шахти «Первомайская-1»:  
а) загальний вид шахти; б) саморегульований фундамент шахти;  
в) інженерно-геологічний розріз; г) розріз 1-1

Фундамент саморегульований із прошарком асфальтово-бітумної суміші. Проблеми, що виникли під час експлуатації, вказують на обмежений строк експлуатації саморегулюючої конструкції та обмежену здатність сприймати сейсмічні навантаження при проведенні вибухових робіт (Тімченко, 1998, 2006, 2007, 2023).

Інженерно-геологічний розріз шахти «Ювілейна» представлений: суглинок жовтий та коричнево-бурий, середній та важкий, лесоподібний; суглинок шоколадно-бурий, важкий, щільний; суглинок коричнево-бурий, місцями червонуватий, важкий, щільний, лесоподібний; глина світла та темно-сіра, озалізнена; глина яскраво-сіра оранжево-з бурими ділянками;

глина цегляно-червона та бурувато-червона; вапняк сильно вивітрілий, щільний; пісок іржаво-бурий і вохристий; глина бурувато-жовтовохриста; елювій кристалічних порід.

Фундамент плитно-пальовий із жорстким заземленням паль в тілі плити. Проблеми, що виникли під час експлуатації – нерівномірний осадка будівлі до 300 мм, що обумовлена нерівномірно-деформованою основою. Це, в свою чергу, зменшує безпечний строк експлуатації будівельних конструкцій та не забезпечує їх безаварійну роботу. Одним з чинників, що підсилює нерівномірну деформацію основи, є безпосередні сейсмічні впливи при проведенні вибухових робіт (Тімченко, 1998, 2006, 2007,

2023). Для цього розглянуто комбінований плитно-пальовий фундамент (Самородов, 2016).

В результаті аналізу досліджень з проектування плитно-пальових фундаментів визначено,

що основними недоліками є неоднозначність методик розрахунку таких конструкцій. На рис. 6 показана модель плитно-пальового фундаменту.

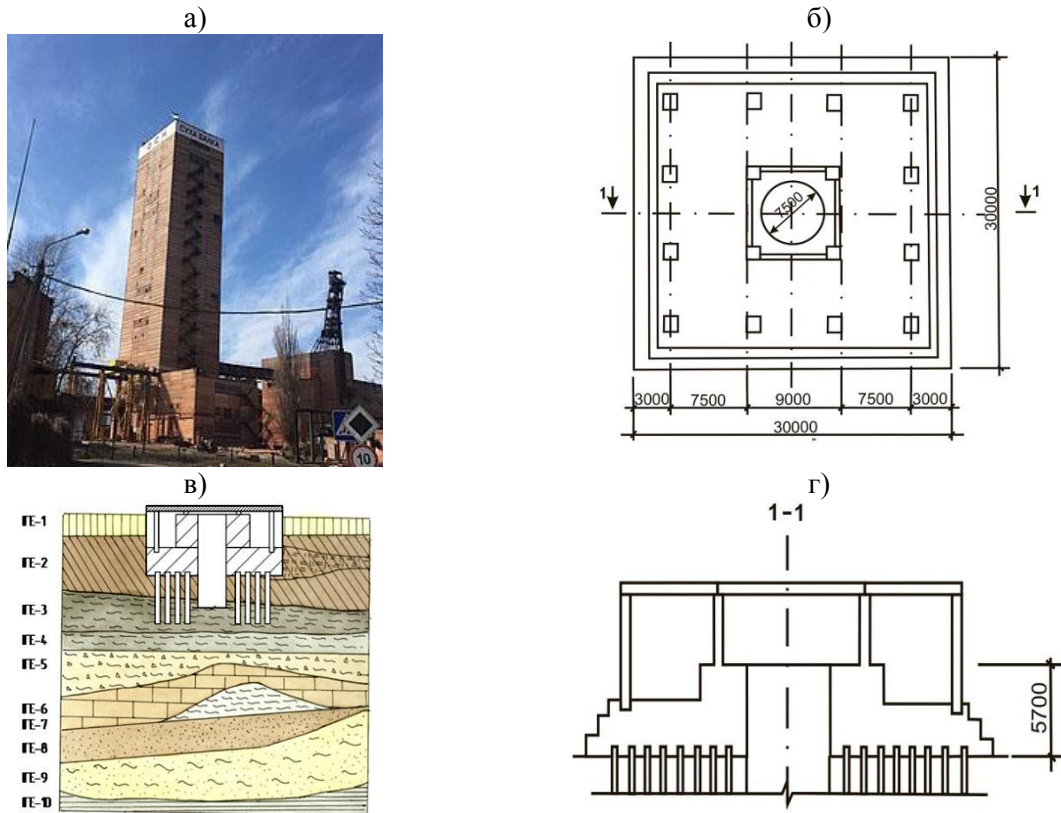


Рис. 5. Фундамент шахти «Ювілейна»:

а) загальний вид шахти; б) саморегульований фундамент шахти із палями;  
 в) інженерно-геологічний розріз; г) розріз 1-1

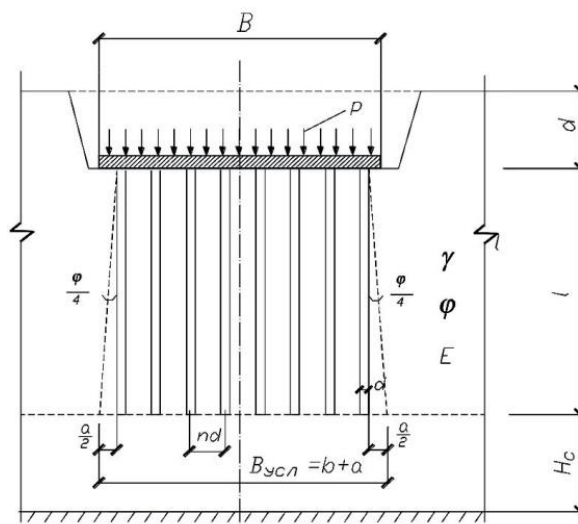


Рис. 6. Розрахункова схема взаємодії пальово-плитного великорозмірного фундаменту з ґрунтовим масивом

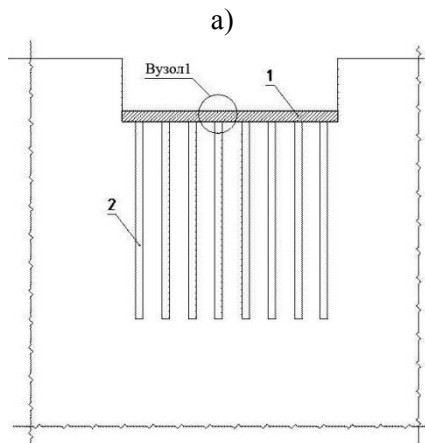
## МОСТИ ТА ТУНЕЛІ: ТЕОРІЯ, ДОСЛІДЖЕННЯ, ПРАКТИКА

Ефективність цього фундаменту виходить за рахунок раціонального розподілу опору між плитною частиною та палями, коли під навантаженням від будівлі спочатку в роботу повністю включається плита, що дає можливість максимально здеформуватися плитній частині, а потім палі – за рахунок шарнірного з'єднання з плитою. При цьому попередні розрахунки показують, що залежно від максимально допустимих осідань для будівель та споруд, сприйняття плитною частиною повного навантаження становить понад 50 %, що призводить до суттєвого зниження витрати бетону.

Разом з тим вказана модель плитно-пального фундаменту має недоліки, а саме обмежена здатність роботи при сейсмічних впливах із основою, що нерівномірно деформується.

## Результати

Результатом виконаної роботи є удосконалення комбінованого плитно-пального фундаменту за рахунок заповнення порожнин між палями і плитною частиною сейсмоізоляторами



з еластичного матеріалу, що виготовляють з гуми у формі циліндру або кубу та встановлюють на оголовках фундаментних паль, що не зв'язані між собою (рис. 7).

## Наукова новизна і практична значимість

Проведено аналіз нормативних документів та інших джерел, що присвячені проектуванню, розрахунку та будівництву плитно-пальових фундаментів. Визначено недоліки існуючих конструкцій та запропоновано нове конструктивне рішення з'єднання палі з плитою, що змінює статичну і динамічну роботу конструкції плитно-пального фундаменту.

## Висновки

Аналіз варіантів існуючих конструктивних рішень і методик розрахунків взагалі не розглядають сейсмічні впливи на конструкції будівель і споруд в складних інженерно-геологічних умовах.

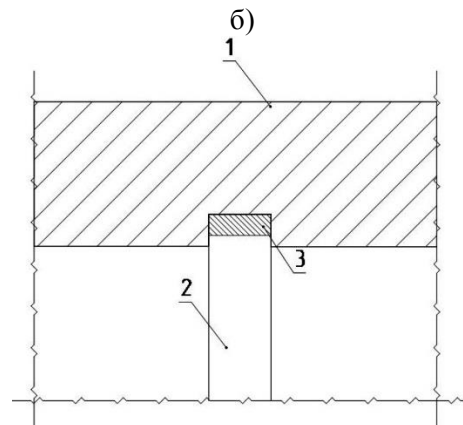


Рис. 7. Сейсмостійкий плитно-пальовий фундамент:  
а) загальний вид; б) вузол 1; 1 – плита, 2 – паля, 3 – сейсмоізолятор

Запропоноване нове конструктивне рішення з'єднання палі із масивним (плитним) фундаментом, що потребує подальших досліджень. Необхідно врахувати шарнірне з'єднання палі із фундаментом при одночасному сейсмічному впливі і нерівномірній деформації основи.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

Dubinchuk, O., Bannikov, D., Kildieiev, V., & Kharchenko, V. (2020). Geotechnical analysis of optimal parameters for foundations interacting with

loess area. *E3S Web of Conferences*, 168, 00024. DOI: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202016800024>  
Sakharov, V. O. (2014). An investigation of system «soil base-foundation-structure» response to seismic forces with provision for nonlinear properties of materials. *Xth International Scientific and Practical Conference «Konstrukcije zespolone»*, 407-426.  
Винников, Ю. Л., & Манжалій, С. М. (2020). Удосконалення геотехнічного моніторингу підсилення деформованої будівлі на пальовому фундаменті. *Мости та тунелі: теорія, дослідження, практика*, 18, 28-39. DOI: <https://doi.org/10.15802/bttrp2020/217695>

- ДБН В.1.1-12:2014. (2014). *Будівництво у сейсмічних районах*. Київ: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України.
- ДБН В.2.1-10:2018. (2018). *Основи і фундаменти будівель та споруд. Основні положення*. Київ: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України.
- ДБН В.2.2-41:2019. (2019). *Висотні будівлі. Основні положення*. Київ: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України.
- Кремінська Ю. О., Маєвська І. В., & Попович М.М. (2022). Різниця в роботі коротких і довгих паль у складі стовпчастого пальового фундаменту за результатами фізичного моделювання. *Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві*, 2 (29), 108-118.
- Кріпак, В. (2023). Комплексний плитно-пальовий фундамент. *Будівельні конструкції. Теорія і практика*, 13, 30-40. DOI: <https://doi.org/10.32347/2522-4182.13.2023.30-40>
- Петренко, В. Д., Крисан, В. І., Крисан, В. В., & Чегодаєв, І. С. (2021) Досвід спорудження пальово-плитного фундаменту в складних інженерно-геологічних умовах. *Мости та тунелі: теорія, дослідження, практика*, 19, 78-84. DOI: <https://doi.org/10.15802/bttrp2021/233980>
- Самородов, А. В. (2015). Метод оптимального проектування свайно-плитних фундаментів багатоетажних зданий по предельно допустимым осадкам. *Науковий вісник будівництва*, 1 (79), 96-100.
- Самородов, О. В. (2016). Нова конструкція плитно-пальового фундаменту. *Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури*, 1 (214), 58-65.
- Самородов, А. В. (2017). *Проектирование эффективных комбинированных свайных и плитных фундаментов многоэтажных зданий*. Харьков: Мадрид.
- Сахаров, В. О. (2013). Модель нелінійного деформування ґрунтової основи при сейсмічних навантаженнях. *Основи та фундаменти*, 33, 34-46.
- Сахаров, В. О. (2014). Модифікація явного методу для ефективного розв'язання нелінійних задач геотехніки. *Основи та фундаменти*, 35, 116-126.
- Сахаров, В. О. (2015). Застосування спектральних суперелементів в задачах динаміки системи «основа-фундамент-будівля». *Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури*, 1 (202), 35-44.
- Тимченко, Р. А. (1998). Учёт нелинейно-неупругих деформаций оснований и фундаментных конструкций, возводимых в сложных инженерно-геологических условиях. *Проблемы и направления использования САПР в учебном процессе и автоматизации проектно-конструкторских работ современных производств*, 147-149.
- Тимченко, Р. А. (2006). Расчет фундаментов зданий и сооружений башенного типа на воздействие неравномерных деформаций основания. *Современные проблемы строительства*, 4, 124-129.
- Тимченко, Р. А. (2007). Проектирование плитно-свайного фундамента для жилого 12-ти этажного дома. *Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури*, 6, 21-29.
- Тимченко, Р. О., Крішко, Д. А., Марінова, Т. А., & Ганженко, В. А. (2023). Взаємодія фундаментних конструкцій і нерівномірно-деформованої основи. *Вісник Криворізького національного університету*, 56, 174-180.
- Титко, О. В. (2014). Особливості влаштування паль різної довжини у фундаменті. *Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві*, 16 (1), 58-63.

R. O. TIMCHENKO<sup>1\*</sup>, D. A. KRISHKO<sup>2</sup>, V. O. SAVENKO<sup>3</sup>

<sup>1\*</sup>Department «Industrial, Civil, and Urban Construction», 1Kryvyi Rih National University, Vitalii Matusevych St., 11, Kryvyi Rih, 50027, Ukraine, Tel. +38 (097) 295 83 53, e-mail radomirtimchenko@gmail.com, ORCID 0000-0002-0684-7013

<sup>2</sup>Department «Industrial, Civil, and Urban Construction», 1Kryvyi Rih National University, Vitalii Matusevych St., 11, Kryvyi Rih, 50027, Ukraine, Tel. +38 (067) 709 17 74, e-mail dak.sf.amb@gmail.com, ORCID 0000-0001-5853-8581

<sup>3</sup>Department «Industrial, Civil, and Urban Construction», 1Kryvyi Rih National University, Vitalii Matusevych St., 11, Kryvyi Rih, 50027, Ukraine, Tel. +38 (097) 730 56 30, e-mail saven.vov@gmail.com, ORCID 0000-0003-0679-8909

## APPLICATION OF PILE-RAFT FOUNDATION IN COMPLEX ENGINEERING AND GEOLOGICAL CONDITIONS

## МОСТИ ТА ТУНЕЛІ: ТЕОРІЯ, ДОСЛІДЖЕННЯ, ПРАКТИКА

**Purpose.** The purpose of the study is to analyze the existing structures of slab-pile foundations, to determine the features of their application and the possibility of their use in complex engineering and geological conditions, as well as to develop alternative constructive solutions of slab-pile foundations for their optimal operation in earthquake-prone areas with base, which deforms unevenly. **Methodology.** In the study, an analysis of literary sources, data on built and designed slab-pile foundations, their characteristics and application conditions were determined. Special attention is paid to the work of foundations under seismic conditions. Various engineering approaches were used to model loading processes, in particular ANSYS, ABAQUS, and SOFISTIK software packages, to accurately reflect the behavior of soil massifs. **Findings.** The result of the performed work is the improvement of the combined slab-pile foundation by filling the cavities between the piles and the slab part with seismic insulators made of elastic material, made of rubber in the shape of a cylinder or cube and installed on the heads of the foundation piles, which are not connected to each other. **Originality.** A new constructive solution of the foundation is proposed, which takes into account the influence of seismic loads and uneven deformation of the foundation. This constructive solution is innovative due to the use of seismic isolators on pile heads, which allows to minimize negative effects on the foundation in difficult conditions. **Practical value.** The new constructive solution of the slab-pile foundation can be used for work in difficult engineering and geological conditions on the ground, which deforms unevenly in earthquake-prone territories. This decision will contribute to increasing safety and increasing the service life of buildings and structures.

**Keywords:** tensegrity; slab-pile foundation; seismic loads; complex engineering and geological conditions, uneven deformation, seismic isolators

## REFERENCES

- Dubinchyk, O., Bannikov, D., Kildieiev, V., & Kharchenko, V. (2020). Geotechnical analysis of optimal parameters for foundations interacting with loess area. *E3S Web of Conferences*, 168, 00024. DOI: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202016800024> (in English)
- Sakharov, V. O. (2014). An investigation of system «soil base-foundation-structure» response to seismic forces with provision for nonlinear properties of materials. *Xth International Scientific and Practical Conference «Konstrukcje zespolone»*, 407-426. (in English)
- Vynnykov, Yu. L., & Manzhali, S. M. (2020). Udoskonalennia heotekhnichnoho monitorynhu pidsylennia deformatsionoi budivli na palovomu fundamenti. *Mosty ta tuneli: teoriia, doslidzhennia, praktyka*, 18, 28-39. DOI: <https://doi.org/10.15802/bttrp2020/217695> (in Ukrainian)
- DBN V.1.1-12:2014. (2014). *Budivnytstvo u seismichnykh raionakh*. Kyiv: Ministerstvo rehionalnoho rozvytku, budivnytstva ta zhytlovo-komunalnoho hospodarstva Ukrainy. (in Ukrainian)
- DBN V.2.1-10:2018. (2018). *Osnovy i fundamenti budivel ta sporud. Osnovni polozhennia*. Kyiv: Ministerstvo rehionalnoho rozvytku, budivnytstva ta zhytlovo-komunalnoho hospodarstva Ukrainy. (in Ukrainian)
- DBN V.2.2-41:2019. (2019). *Vysotni budivli. Osnovni polozhennia*. Kyiv: Ministerstvo rehionalnoho rozvytku, budivnytstva ta zhytlovo-komunalnoho hospodarstva Ukrainy. (in Ukrainian)
- Kreminska Yu. O., Maievska I. V., & Popovych M.M. (2022). Riznytsia v roboti korotkykh i dovykh pal u skladi stovpchastoho palovoho fundamentu za rezultatamy fizychnoho modeliuвання. *Suchasni tekhnologii, materialy i konstruktsii v budivnytstvi*, 2 (29), 108-118. (in Ukrainian)
- Kripak, V. (2023). Kompleksnyi plytno-palovy fundament. *Budivelni konstruktsii. Teoriia i praktyka*, 13, 30-40. DOI: <https://doi.org/10.32347/2522-4182.13.2023.30-40> (in Ukrainian)
- Petrenko, V. D., Krysan, V. I., Krysan, V. V., & Chehodaiev, I. S. (2021) Dosvid sporudzhennia palovo-plytnoho fundamentu v skladnykh inzhenerno-heolohichnykh umovakh. *Mosty ta tuneli: teoriia, doslidzhennia, praktyka*, 19, 78-84. DOI: <https://doi.org/10.15802/bttrp2021/233980> (in Ukrainian)
- Samorodov, A. B. (2015). Metod optimalnogo proektirovaniya svayno-plitnykh fundamentov mnogoetazhnykh zdaniy po predelno dopustimyim osadkam. *Науковий вісник будівництва*, 1 (79), 96-100. (in Russian)
- Samorodov, O. B. (2016). Nova konstruktsiia plytno-palovoho fundamentu. *Visnyk Prydniprovskoi derzhavnoi akademii budivnytstva ta arkhitektury*, 1 (214), 58-65. (in Ukrainian)
- Samorodov, A. B. (2017). *Proektirovanie effektivnykh kombinirovannykh svaynykh i plitnykh fundamentov mnogoetazhnykh zdaniy*. Harkov: Madrid. (in Russian)
- Sakharov, V. O. (2013). Model neliniinoho deformuvannia gruntovoi osnovy pry seismichnykh navantazhenniakh. *Osnovy ta fundamenti*, 33, 34-46. (in Ukrainian)
- Sakharov, V. O. (2014). Modyfikatsiia yavnogo metodu dlia efektyvnoho rozv'iazannia neliniinykh zadach heotekhniki. *Osnovy ta fundamenti*, 35, 116-126. (in Ukrainian)
- Sakharov, V. O. (2015). Zastosuvannia spektralnykh superelementiv v zadachakh dynamiky systemy «osnova-



fundament-budivlia». *Visnyk Prydniprovskoi derzhavnoi akademii budivnytstva ta arkhitektury*, 1 (202), 35-44. (in Ukrainian)

Timchenko, R. A. (1998). Uchyot nelineyno-neuprugih deformatsiy osnovaniy i fundamentnykh konstruktsey, vozvodimyyh v slozhnykh inzhenerno-geologicheskikh usloviyakh. *Problemy i napravleniya ispolzovaniya SAPR v uchebnoy protsesse i avtomatizatsii projektno-konstruktorskiykh rabot sovremennykh proizvodstv*, 147-149. (in Russian)

Timchenko, R. A. (2006). Raschet fundamentov zdaniy i sooruzheniy bashennogo tipa na vozdeystvie neravnomernykh deformatsiy osnovaniya. *Sovremennyye problemy stroitelstva*, 4, 124-129. (in Russian)

Timchenko, R. A. (2007). Proektirovaniye plitno-svaynogo fundamenta dlya zhilogo 12-ti etazhnogo doma. *Visnyk Prydniprovskoi derzhavnoi akademii budivnytstva ta arkhitektury*, 6, 21-29. (in Russian)

Timchenko, R. O., Krishko, D. A., Marinova, T. A., & Hanzhenko, V. A. (2023). Vzaiemodiia fundamentnykh konstruktsey i nerivnomirno-deformovanoi osnovy. *Visnyk Kryvorizkoho natsionalnoho universytetu*, 56, 174-180. (in Ukrainian)

Tytko, O. V. (2014). Osoblyvosti vlashtuvannia pal riznoi dovzhyny u fundamenti. *Suchasni tekhnologii, materialy i konstruktsey v budivnytstvi*, 16 (1), 58-63. (in Ukrainian)

Надійшла до редколегії 16.10.2024.

Прийнята до друку 04.11.2024.