

ДЕВІД РІЧАРДС, партнер, Алан Конісбі Енд Асошіейтс Лімітед (м. Лондон, Велика Британія)

М.Л. ЗОЦЕНКО, д-р техн. наук, професор, Полтавський національний технічний університет ім. Юрія Кондратюка

М.О. ХАРЧЕНКО, канд. техн. наук, доцент, Полтавський національний технічний університет ім. Юрія Кондратюка

О.О. ГУДІМОВ, провідний інженер надземних частин будівель і споруд, ПП «АльмаТехнолоджис» (м. Полтава)

С.О. ЖАРІЙ, провідний інженер металевих конструкцій, ПП «АльмаТехнолоджис» (м. Полтава)

УДК 624.154

ТОРГОВО - РОЗВАЖАЛЬНИЙ ЦЕНТР «ЛУК'ЯНІВКА»: ГЕОТЕХНІЧНІ РІШЕННЯ

Ключові слова: фундаментна плита, буро'інекційні палі, ростверк, каркас, метод скінченних елементів, науково-технічний супровід.

Наведено ряд геотехнічних рішень торгово-розважального центру (ТРЦ) з робочою назвою «Лук'янівка» в м. Київ. Проаналізовано конструктивну схему будівлі ТРЦ, конструктивні рішення фундаментів і технологію влаштування підземної частини. Подано основні результати розрахунків основ і фундаментів ТРЦ. Наведено прийняті інженерні заходи щодо мінімізації негативного впливу на існуючу забудову. Розглянуто деякі результати науково-технічного супроводу (НТС) будівництва ТРЦ.

Приведен ряд геотехнических решений торгово-развлекательного центра (ТРЦ) с рабочим названием «Лукьяновка» в г. Киев. Проанализированы конструктивная схема здания, конструктивные решения ее фундаментов, технология устройства подземной части. Приведены основные результаты расчетов оснований и фундаментов ТРЦ. Приведены принятые инженерные мероприятия по минимизации негативного влияния на существующую застройку. Рассмотрены некоторые результаты научно-технического сопровождения (НТС) строительства ТРЦ.

This paper describes some of the geotechnical issues associated with the foundation engineering for the LUKHYANOVKA MALLs (working name). Analyzed the frame and foundation of mall, and construction of its underground part. The main results of the calculations of bases and mall foundations are presented. Presents taken engineering solutions to minimize the negative influence on the existing buildings. Show the some results of scientific and technical support for the construction of mall.

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими практичними завданнями. Накопичення та систематизація досвіду розрахунку основ і фундаментів, технології влаштування глибоких котлованів, у т. ч. за умов існуючої забудови у складних інженерно-геологічних умовах є актуальною задачею фундаментобудування.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Проблемам будівництву складних інженерно-геологічних умовах і в існуючій забудові присвячено наукові праці [1 – 6].

Виділення не розв'язаних раніше частин загальної проблеми, яким присвячується стаття. Потребує подальшого удосконалення методика геотехнічного проектування, інженерних рішень фундаментів нових будівель, які будуть мінімізувати негативний вплив, зокрема, і за рахунок оптимальних рішень влаштування фундаментів новобудов.

Тому, **за мету** роботи прийнято аналіз інженерних заходів щодо влаштування фундаментів у складних умовах і захисту існуючих будівель від негативного впливу нового будівництва, а також оцінювання певних результатів НТС будівництва.

Виклад основного матеріалу. Будівельний майданчик ТРЦ розташовано в центральній частині м. Київ (рис. 1). Інженерно-геологічні умови представлено потужною (близько 18 м) слабких текучих супісків.



Рис 1. Ситуаційна схема майданчика.

Зафіксовано високий рівень ґрунтових вод (РГВ). До негативних фізико-геологічних процесів у межах ділянки віднесено:

- 1) суттєва неоднорідність масиву за площею і глибиною (наявність прошарків, лінз, пісків і супісків; підтоплення території);
- 2) погіршення з часом механічних параметрів ґрунтів;
- 3) механічна суфозія незв'язних часток у складі пісків при зміні гідрологічних умов, фільтрації атмосферних опадів або витоків із водонесучих комунікацій.

Конструктивна система ТРЦ – каркасна в'язева, безкапітельний монолітний залізобетонний каркас, просторову жорсткість забезпечується: діафрагмами (стіни товщиною 300 мм) жорсткості у вигляді сходових клітин, огороженнями рамп і ліфтових шахт; спільною роботою монолітних плит перекриття (300...400 мм) і покриття (350 мм) з колонами. Складністю каркасу є місця нерегулярного розташування балок і спирання їх одна на іншу, на які ще й спираються колони верхніх поверхів. Тому вони працюють в умовах великих локальних навантажень і складного деформування – кручення з косим згинанням. Крок колон основної сітки – 8,4x8,4 м. ТРЦ розділено лише температурно-усадочними швами на п'ять блоків.

Геотехнічне проектування фундаментів ТРЦ. В якості варіантів розглядали монолітну плиту на природній основі й палі. Геотехнічними розрахунками (рис. 2) встановлено, що плита отримує значні абсолютні $S_{max}=22$ см і відносні нерівномірні осідання $(\Delta S/L)_{max}=0,003$. Крім цього ТРЦ на плиті створює додатковий тиск в основі фундаментів існуючих

будівель, що попадають в зону впливу. Тому використано буріоін'єкційні (СFA) палі великого діаметру (620...820 мм) довжиною 20...29 м.

Основа більшості палей – пісок мілкий, щільний, водонасичений. Проблемою ділянки є те, що цей шар відсутній в зоні, де за архітектурним рішенням збільшується поверховість ТРЦ. Тому в межах будівлі довелось застосовувати палі різної довжини (21 і 29 м), довші палі спираються на тверді й тугопластичні суглинки (рис. 3).

Технологія зведення підземної частини ТРЦ включає етапи (рис. 4):

- 1) влаштування конструкцій огороження, відривка піонерного котловану;
- 2) влаштування СFA палей з перебором;
- 3) зниження РГВ іглофільтрами на 1...1,5 м нижче проектного дна котловану (для зручного пересування техніки);
- 4) встановлення підпірних конструкцій огороження котловану, відкопування та зрізання оголовків палей до проектної позначки;
- 5) зняття іглофільтрів і влаштування дренажної системи;
- 6) влаштування монолітних ростверків, плити полу паркінгу;
- 7) зведення підземної частини, поступове зняття підпірних конструкцій огороження котловану.

Приділено увагу й оптимізації рішення огороження стінок котловану. За цих умов поза зони примикання до існуючої будівлі дизель-моторної станції (ДМС), яка буде входити до об'єму ТРЦ, розглядали такі варіанти огороження котловану: 1) шпунт Ларсена, стійкість якого додатково забезпечують підкоси з металевих труб (рис. 5); 2) металеві двотав-

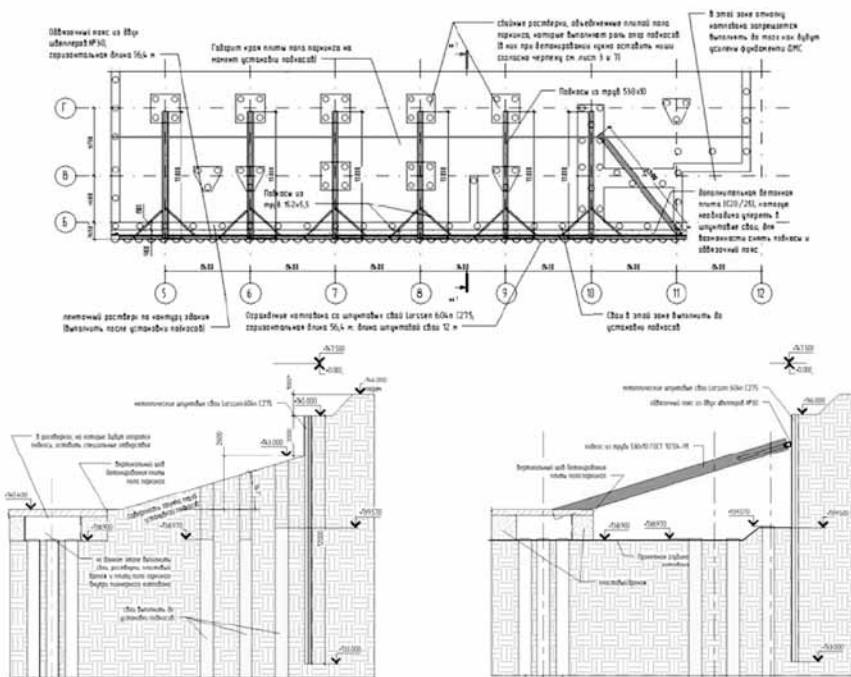


Рис 5. Технологічна схема влаштування варіанту огороження котловану із шпунтових палей Ларсена, стійкість яких додатково забезпечується підкосами із металевих труб.

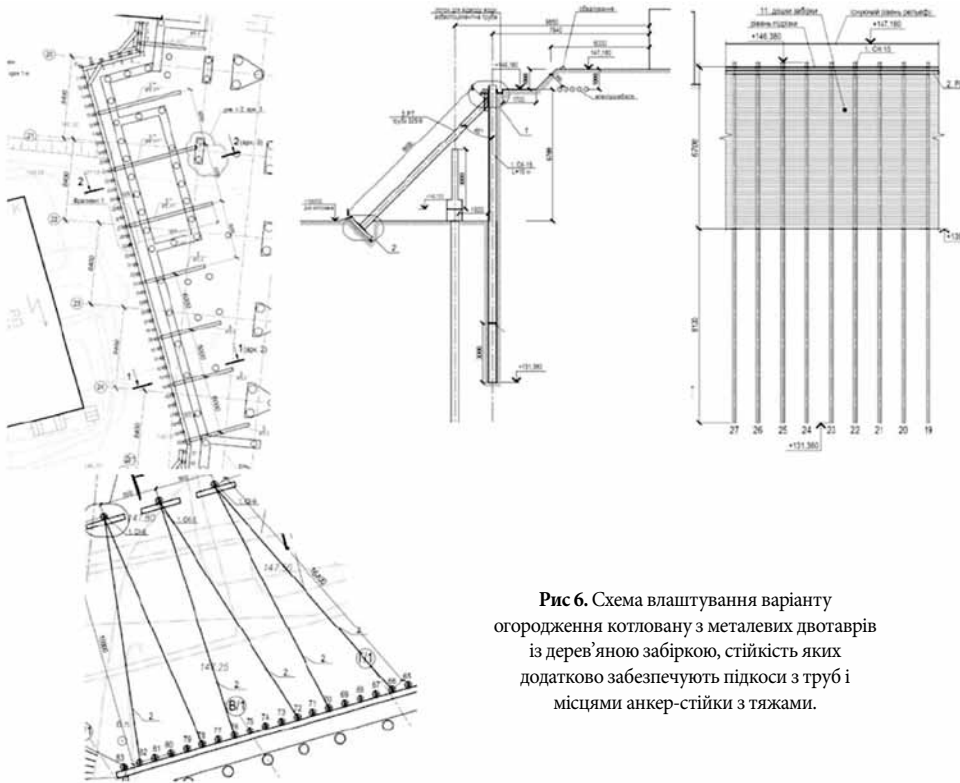


Рис 6. Схема влаштування варіанту огороження котловану з металевих двотаврів із дерев'яною забійкою, стійкість яких додатково забезпечують підкоси з труб і місцями анкер-стійки з тяжами.

ри із дерев'яною забійкою, стійкість яких додатково забезпечують підкоси з труб і місцями анкер-стійки з тяжами (рис. 6, рис. 7). НТС передбачав додатковий скінченно-елементний аналіз цих варіантів. Більш дешевим з них виявився другий, його й використано як основний. Недолік даного варіанту огороження котловану – можливість обвалення у разі замокання та погіршення властивостей ґрунтів. Тому при влаштуванні підземної частини ТРЦ виконували моніторинг стану огороження котловану, при виявленні відхилень контрольованих параметрів від проектних значень приймали додаткові заходи щодо забезпечення стійкості огороження.

У зоні примикання котловану до ДМС розглядали такі варіанти робіт:

- 1) огороження із буросічних палей, стійкість яких додатково забезпечують підкоси з труб (рис. 8);
- 2) огороження із буросічних палей, стійкість яких додатково забезпечують ґрунтові анкери;
- 3) пересаджування фундаментів ДМС на металеві палі (рис. 9, рис. 10).

Перевага перших варіантів огороження у тому, що стіна із буросічних палей буде одночасно й зовнішньою стіною підземного паркінгу ТРЦ, а недолік – можливі значні

додаткові нерівномірні осідання основи існуючих фундаментів ДМС через відхилення підпірної стіни. Ґрунтові анкери в даних умовах мали низьку несучу здатність, а тому даний варіант не використали.

Будівля ДМС має входити до об'єму ТРЦ, тому її проектний термін експлуатації як і основної будівлі – 50 років. Для мінімізації негативного впливу на неї при будівництві ТРЦ і для спрощення земляних робіт більш раціональним є варіант підсилення фундаментів металевими паллями. Його і вибрано в якості основного. Розрахунки методом скінченних елементів (МСЕ) (рис. 11) довели, що додаткові деформації

основи фундаментів ДМС не перевищать 1 см, але технологічні додаткові осідання при підведенні пальй врахувати не можливо. У процесі виконання підсилення фундаментів ДМС і при влаштуванні поряд з ним котловану організовано геотехнічний моніторинг, метою якого є спостереження за додатковими деформаціями будівлі та розвитком руйнування його конструкцій.

Після завершення підсилення фундаментів ДМС було влаштовано поряд котлован ТРЦ до проектної позначки. При цьому додаткових деформацій ДМС майже не зафіксовано.

У межах НТС вирішували й інші завдання, зокрема, геодезичні вимірювання деформацій каркасу, основ і фундаментів ТРЦ як на стадії будівництва, так і

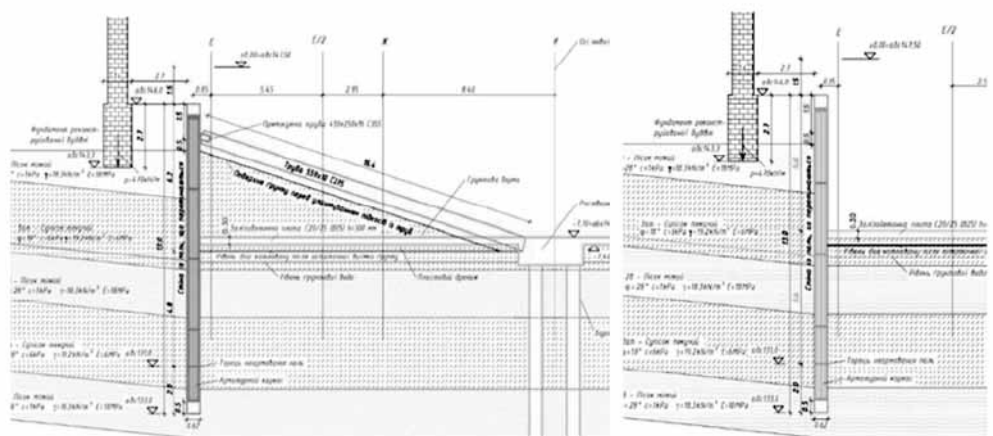


Рис 8. Схема огороження котловану з буросічних палей (зліва на стадії влаштування піонерного котловану; справа – на стадії підведення плити полу паркінгу)забудови.

Дивись рисунки 7, 10, 11 на стор. 4 обкладинки

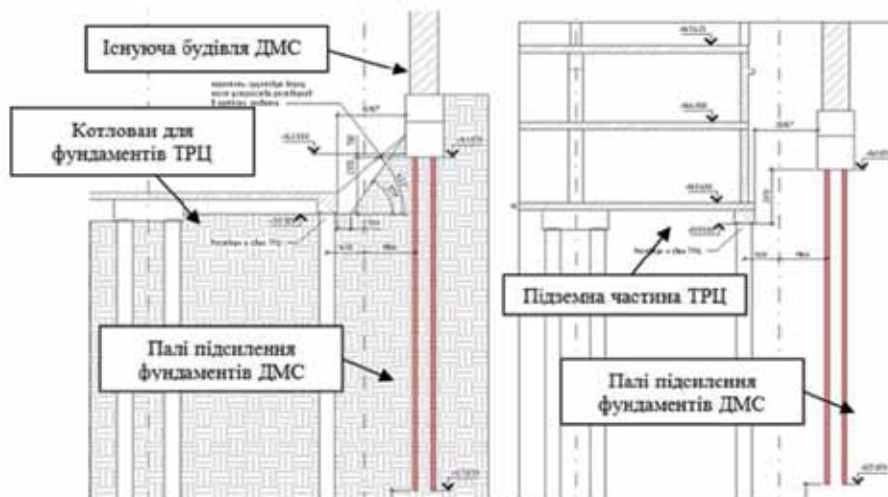


Рис 9. Схема підсилення фундаментів ДМС за рахунок їх пересадження на металеві палі та влаштування поряд котловану

ВИСНОВКИ

При проектуванні та будівництві ТРЦ «Лук'янівка» розроблено та проаналізовано кілька варіантів проектних і технологічно-організаційних рішень на різних етапах будівництва, обґрунтовано найбільш раціональний варіант фундаментів, тип огороження котловану для різних умов. Рішення паралельно аналізували, в т. ч. із використанням чисельного моделювання МСЕ, й супроводжували натурними вимірюваннями, спостереженнями за контрольованими пара-

в процесі його експлуатації, моніторинг технічного стану особливо відповідальних конструкцій та вузлів каркасу ТРЦ. При цьому виконували випробування міцності матеріалів конструкцій неруйнівними методами, вибірковий контроль розміщення армування та зхисного шару електромагнітним скануванням, перевірка якості СФА палей ехолокацією, прискорене визначення водонепроникності бетону підземних частин ТРЦ тощо. Крім цього програмою НТС передбачено встановити автоматизовану вимірювально-інформаційну систему для контролю напрямів і кутів нахилу особливо відповідальних конструкцій, а також відносних осідань ТРЦ.

метрами, конструкції випробовували неруйнівними методами. Для попередження надзвичайних ситуацій, викликаних можливим руйнуванням конструкцій, буде встановлено автоматизована вимірювально-інформаційна система контролю напрямів і кутів нахилу особливо відповідальних конструкцій, а також відносних осідань у процесі будівництва й експлуатації ТРЦ. Такий підхід дозволив застосувати недорогі конструктивні рішення, що значно зменшило вартість будівництва, забезпечило ефективне розв'язання різних геотехнічних проблем із мінімальним ризиком помилок.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Бойко І.П. Особливості взаємодії паливових фундаментів під висотними будинками з їх основою // Основи і фундаменти: міжвідомчий науково-технічний збірник. – К.: КНУБА, 2006. – Вип. 30. – С. 3 – 8.
2. Katzenbach R. Soil-structure interaction of deep foundations and the ULS design philosophy / R. Katzenbach, G. Bachmann, C. Gutberlet // Proc. of 14th European Conf. on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering. – Madrid, 2007. – P. 55 – 59.
3. Мангушев Р.А. Геотехника Санкт-Петербурга: монографія / Р.А. Мангушев, А.И. Осокин. – М.: АСВ, 2010. – 264 с.
4. Улицкий В.М. Геотехническое сопровождение развития городов (практическое пособие по проектированию зданий и подземных сооружений в условиях плотной застройки) / В.М. Улицкий, А.Г. Шашкин, К.Г. Шашкин. – СПб.: Стройиздат Северо-Запад, 2010. – 552 с.
5. Справочник геотехника. Основания, фундаменты и подземные сооружения / Под ред. В.А. Ильичева и Р.А. Мангушева. – М.: Изд-во АСВ, 2014. – 728 с.
6. Зоценко М.Л. Розрахунок стійкості бортів котлованів, закріплених вертикальними ґрунтоцементними елементами / М.Л. Зоценко, Ю.Л. Винников, М.О. Харченко // Будівельні конструкції: Міжвід. наук.-техн. зб. – К.: НДІБК, 2011. – Вип. 75. – Кн. 2 – С. 584 – 592.

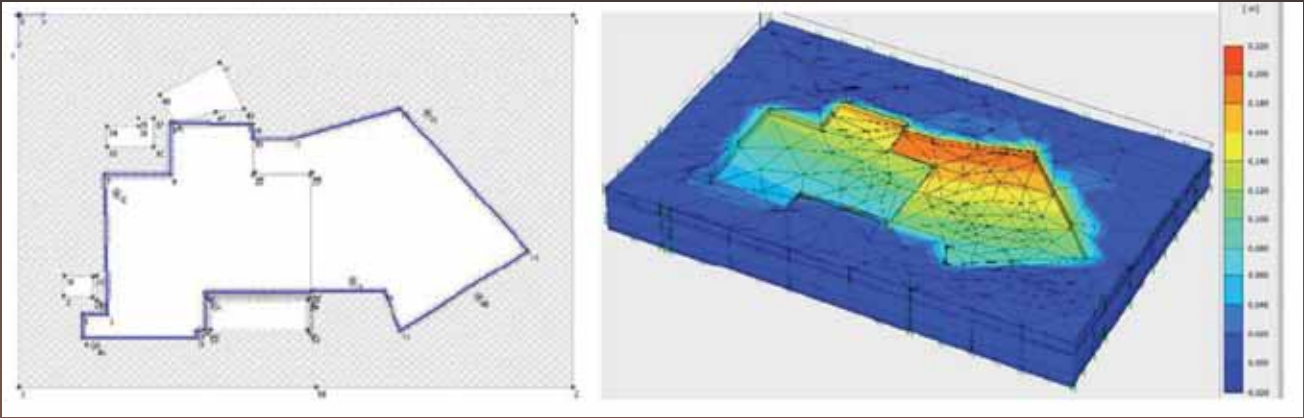


Рис. 2. Розрахункова схема та результати розрахунків фундаментної плити.

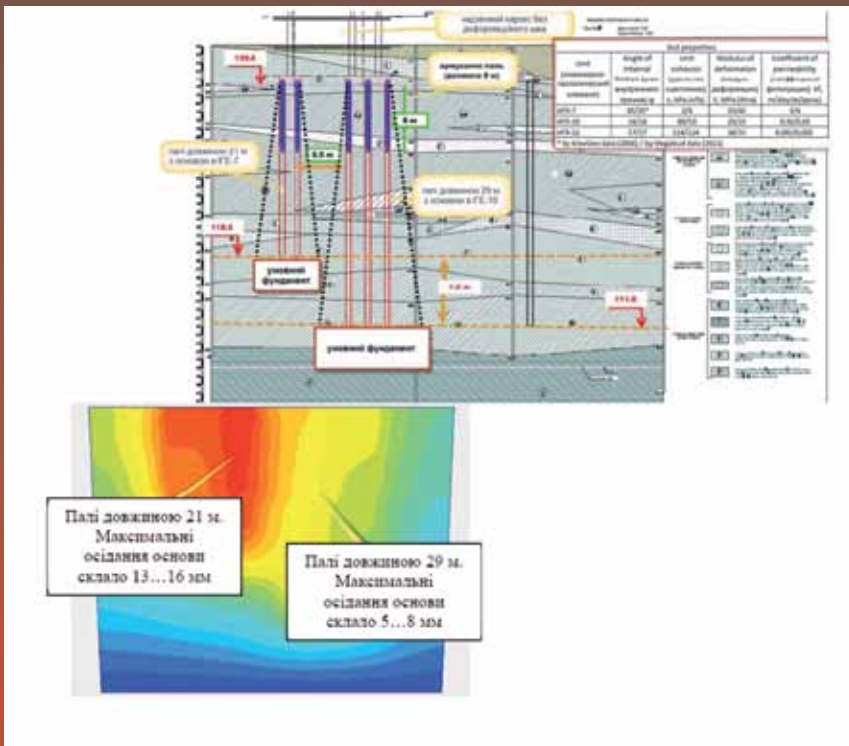


Рис. 3. Розрахункова схема та результати розрахунків найбільш небезпечного перерізу стіку паль різної довжини.



Рис. 4. Основні етапи зведення підземної частини ТРЦ



Рис. 7. Огородження котловану з металевих двотаврів із дерев'яною забіркою, стійкість яких додатково забезпечують підкоси із труб і місцями анкер-стійкою з тяжами.

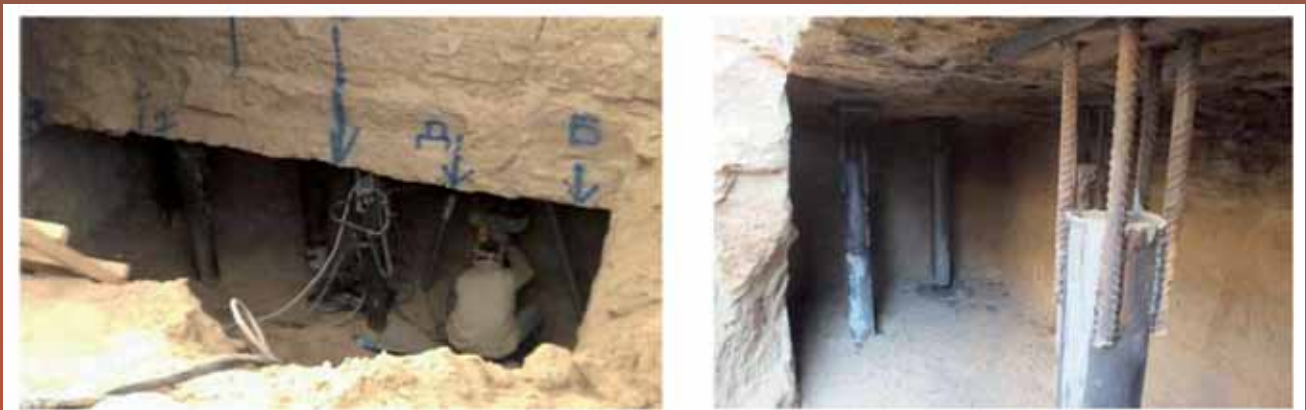


Рис. 10. Фото процесу підсилення фундаментів ДМС металевими палями.

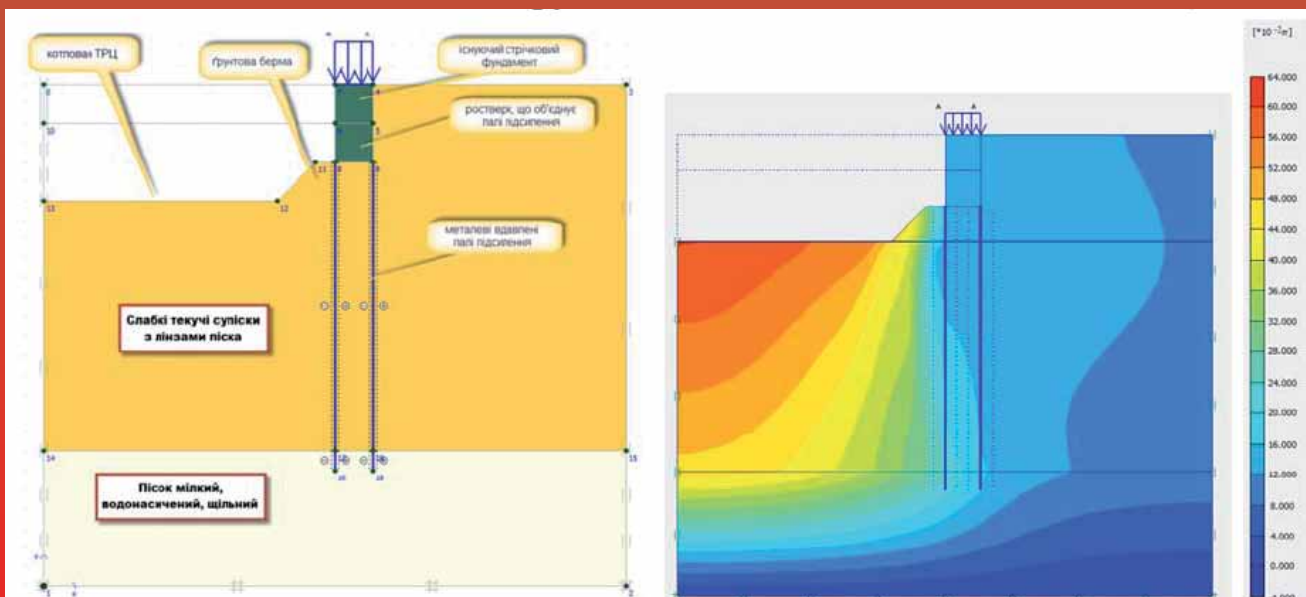


Рис. 11. Розрахункова СЕ схема та ізополя загальних переміщень на стадії влаштування котловану до проектної позначки поблизу ДМС.