

УДК 539.3

## ВЗАЄМОДІЯ ІНЖЕНЕРНИХ ЗАХИСНИХ КОНСТРУКЦІЙ З ГРУНТОВОЮ ОСНОВОЮ В УМОВАХ ЩІЛЬНОЇ МІСЬКОЇ ЗАБУДОВИ

**В.В. Ручківський,**  
асистент

*Київський національний університет будівництва і архітектури  
Повітофлотський пр., 31, м. Київ, Україна*

DOI: 10.32347/2410-2547.2023.110.507-519

Проаналізовано роботу системи «інженерні захисні конструкції-грунтовий масив» в зоні впливу оточуючої забудови при наявності складних інженерно-геологічних умов. Проведено моделювання задачі влаштування глибокого котловану під захистом багатоярусної підпірної стінки. Виявлено взаємовплив оточуючої забудови та розробки котловану нового будівництва в залежності від відстані між ними. Визначено оптимальну відстань між існуючою забудовою та котлованом нового будівництва.

**Ключові слова:** інженерні захисні конструкції, підпірна стіна, напружено-деформований стан, котлован, ущільнена забудова.

**Вступ.** На сучасному етапі розвитку житлового будівництва спостерігається переважання тенденцій до збільшення щільності забудови історично сформованих районів міст. Враховуючи щільність забудови, найбільш раціональним в даних умовах є освоєння підземного простору, в якому можна влаштувати інженерні комунікації, паркінги, склади, торгово-розважальні комплекси, звільняючи, таким чином, наземну територію. При цьому виникає ряд нагальних інженерних проблем, які пов'язані зі заглибленням рівнів підвалів існуючих будівель та відкопування котлованів до глибини 10-15 м і більше та, як наслідок, зміни напружено-деформованого стану (НДС) сусідніх будівель. У багатьох випадках існуючі будівлі зазнають значних деформацій (тріщини в стінах і фундаментах, перекося конструкції тощо), які спричинені нерівномірними осіданнями, що розвиваються після початку будівельних робіт нульового циклу нових будинків і продовжують розвиватись на етапі експлуатації. Особливо зростає небезпека подібних деформацій при будівництві на основах, складених слабкими ґрунтами. В даних умовах набуває значної актуальності задача зменшення впливу нового будівництва на напружено-деформований стан системи «грунтова основа – фундамент – надземні конструкції» існуючих будівель.

На сьогодні, розроблено велику кількість методів розрахунку захисних конструкцій котловану, однак їх використання часто призводить до отримання істотно різних, суперечливих один одному результатам. Наявність оточуючої забудови значно ускладнює цей процес. Неточний розрахунок огорожувальної конструкції веде до непередбачуваного впливу на оточуючу забудову. Для вирішення проблеми прогнозування

впливу нового будівництва на існуючі споруди в щільно забудованій території присвячено наукові праці М.Л. Зоценка [3], Ю.Л. Віннікова [2], І.П. Бойка [4], Л.О. Бондаревої, Р. Турчек [6].

Будівництво об'єктів із підземними приміщеннями в щільно забудованій території потребує влаштування глибокого котловану, яке повинно відбуватись із умов збереження в початковому стані оточуючої забудови. Для цього необхідно виконати прогноз впливу відкопування котловану на напружено-деформований стан цієї забудови. Важкість виконання такого прогнозу полягає в тому, що необхідно враховувати багато вихідних даних: конфігурацію і стан оточуючої забудови, параметрів котловану, навантаження від існуючих будівель, нерівномірне залягання ґрунтів, поетапність проведення будівельних робіт. Моделювання таких складних геотехнічних процесів потребує одночасного врахування багатьох факторів, що може бути досягнуто лише за допомогою використання методу скінченних елементів.

**1. Постановка задачі.** Мета даної роботи дослідити взаємовплив влаштування глибокого котловану багатоповерхового житлового комплексу та існуючих будівель при варіюванні відстані між ними. Для досягнення поставленої мети за допомогою методу скінченних елементів виконано моделювання системи «підпірні стіни – ґрунтовий масив – існуюча забудова». Розрахунок виконувався із врахуванням формування напружено-деформованого стану ґрунтового масиву в процесі влаштування підпірних стін. При цьому ґрунтовий масив розглядався, як суцільне нелінійне середовище. Проведено аналіз формування напружено-деформованого стану ґрунтового масиву, захисного огороження та фундаментних конструкцій будинку. Порівнювались горизонтальні переміщення верху паль підпірних стін, згинальні моменти, а також вертикальні переміщення фундаменту існуючого будинку. Виявлено закономірності утворення потенційної зони поверхні ковзання схилу і ролі в її формуванні існуючої забудови при зменшенні відстані до захисної конструкції котловану. Встановлено раціональне розташування існуючого будинку по відношенню до котловану.

**2. Виклад основного матеріалу.** Об'єкт будівництва – багатоповерховий житловий комплекс, що складається із п'яти секцій, розташованих на схилі, по контуру озера Глинка (рис. 1), на розі вул. Філатова та бульвару Дружби Народів в м. Києві.

Оточуюча забудова представлена двома п'ятиповерховими будинками, що знаходяться на відстані 20 м від огороження котловану (рис. 2). Будинки безкаркасні із цегляними несучими поздовжніми зовнішніми і внутрішніми стінами, на стрічкових фундаментах із залізобетонних фундаментних блоків, частково бутіві, з підвальним приміщенням, зі збірним залізобетонним перекриттям, укладеним на поздовжні і внутрішню стіни. Стійкість будівель в поздовжньому і поперечному напрямках забезпечується спільною роботою зовнішніх і внутрішніх стін, а також збірним залізобетонним перекриттям.

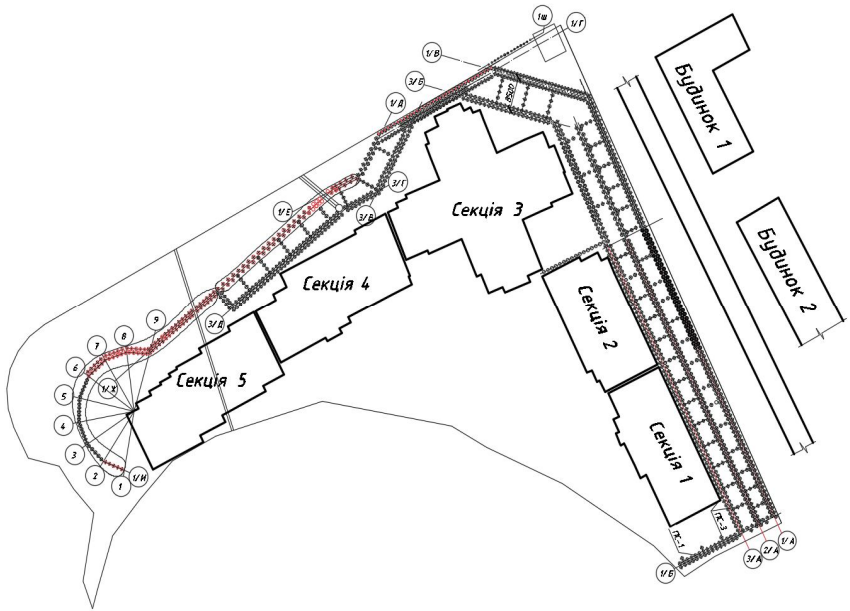


Рис. 1. План розташування секцій, утримуючих конструкцій та оточуючої забудови



Рис. 2. Схема ділянки будівництва

До початку будівництва виконане обстеження технічного стану будівель, який був визнаний задовільним. Згідно звіту про обстеження будівель була надана рекомендація: при проектуванні котловану біля існуючих будівель передбачити заходи захисту існуючих споруд, шляхом улаштування огорожувальних конструкцій у вигляді стін із бурових палів [1]. Методи влаштування цих конструкцій повинні виключати

додаткові впливи на існуючі об'єкти (вібрація, замочування, винос ґрунту із основи існуючих фундаментів тощо).

У якості виконання комплексу заходів з інженерної підготовки та захисту території по забезпеченню стійкості схилу на ділянці відведений під будівництво проектом передбачено влаштування каскаду з трьох рівнів підпірних стін (на окремих ділянках двох та одного ряду). Палі всіх підпірних стіни виконуються буронабивними діаметром 820 мм змінної довжини від 23 м до 28 м з армуванням круглими просторовими арматурними каркасами на всю глибину. Бетон паль класу по міцності С20/25.

Палі підпірної стіни ПС-1 розміщені в шаховому порядку з відстанню між палями в ряду 1,8 м та між рядами паль 0,9 м. Це забезпечує підвищення просторової жорсткості конструкції підпірної стіни та забезпечує пропуск ґрунтової води між палями без підняття рівня ґрунтових вод за стіною та можливість виконання заходів по дренажу ґрунтових вод в зоні підпірної стіни. В верхній частині палі підпірної стіни об'єднані монолітним залізобетонним ростверком висотою 1200 мм, що забезпечує сумісну роботу паль.

Між палями влаштовується монолітна залізобетонна стіна-забірка. Максимальний відмітка розробки котловану передбачена проектом після влаштування паль та ростверків ПС-1 вздовж бульвару Дружби Народів складає 117,50, а вздовж провулку Філатова 127,5.

Після влаштування підпірної стіни ПС-1 на ділянці вздовж провулку Філатова виконується підпірна стіна ПС-2 з абсолютної позначки 127,5.

Палі підпірної стіни ПС-2 розміщені в шаховому порядку з відстанню між палями в ряду 1,8 м та між рядами паль 1 м. Додатково з кроком 6...7 м між палями підпірних стіни ПС-1 та ПС-2 влаштовуються по 3 палі перпендикулярно до основних паль підпірних стін. По цих палях в подальшому влаштовується стіна-контрфорс товщиною 500 мм, що впираються у стіни підпірну стіну ПС-1.

У верхній частині палі підпірної стіни ПС-2 об'єднані залізобетонним ростверком товщиною 1200 мм, що забезпечує сумісну роботу паль. Між палями ПС-2 влаштовується монолітна залізобетонна стіна-забірка. Максимальна відмітка розробки котловану передбачена проектом після влаштування паль та ростверків ПС-2 - 118,2.

Після розробки ґрунту біля ПС-1 та ПС-2 вздовж провулку Філатова виконується підпірна стіна ПС-3 з абсолютної позначки близько 122,8, а вздовж бульвару Дружби Народів з позначки 118,8.

Палі підпірної стіни ПС-3 розміщені в два ряди з відстанню між палями в ряду 1,2 м та між рядами паль 1,2 м. Довжина паль 23 м.

Додатково з кроком 6...7 м між палями підпірних стіни ПС-2 та ПС-3 влаштовуються палі перпендикулярно до основних паль підпірних стін. По цих палях в подальшому влаштовується стіна-контрфорс товщиною 500 мм.

У верхній частині палі підпірної стіни ПС-3 об'єднані монолітним залізобетонним ростверком товщиною 1200 мм. Між палями ПС-3 влаштовується монолітна залізобетонна стіна-забірка.

Максимальна відмітка розробки котловану передбачена проектом після влаштування паль та ростверків ПС-3 вздовж провулку Філатова 117,5, а вздовж бульвару Дружби Народів складає 113,70. Загальна глибина котловану складає 18 м.

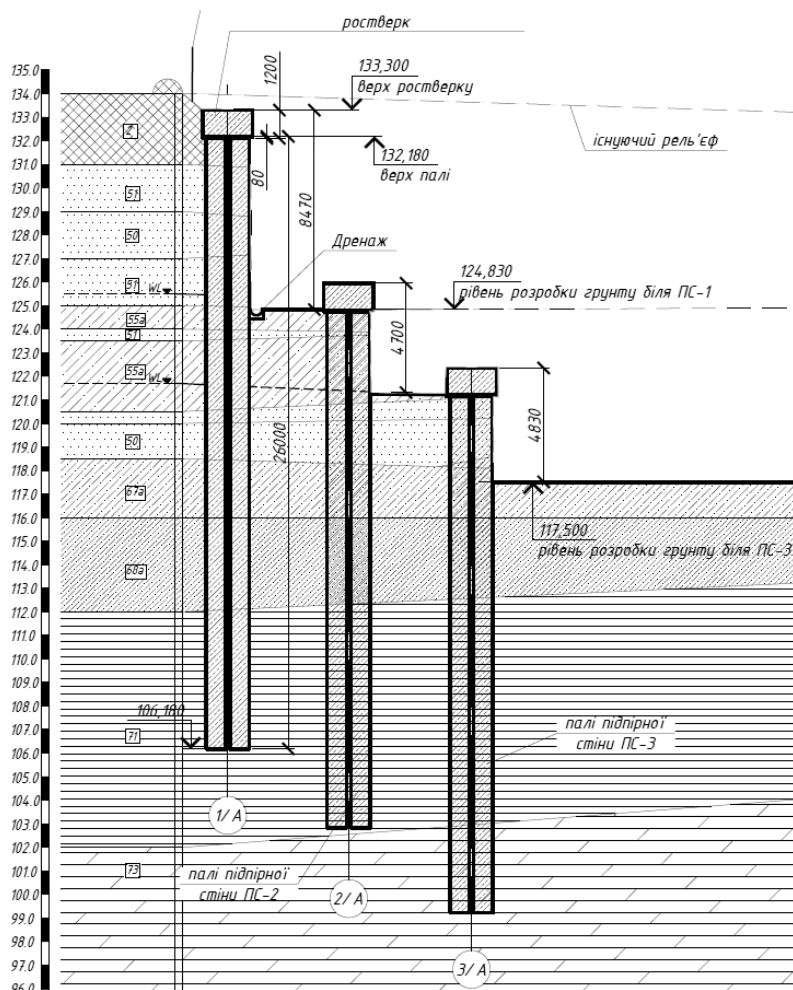


Рис . 3. Характерний розріз по підірних стінах

Інженерно-геологічні майданчику умови складні (рис. 4). За даними топографічного плану та звіту про інженерно-геологічні вишукування максимальний перепад відмітки поверхні нагрійної частини ділянки будівництва складає 12 м. В геологічній будові з поверхні території переважають насипні ґрунти супіски, суглинки з домішками будівельного сміття до 35%, значний ґрунтово-рослинний шар та торф. Нижче

насищних ґрунтів залягають піщані та супіщано-суглинисті ґрунти, мергельні глини та піски. Гідрогеологічні умови ділянки будівництва характеризуються наявністю декількох водоносних горизонтів.

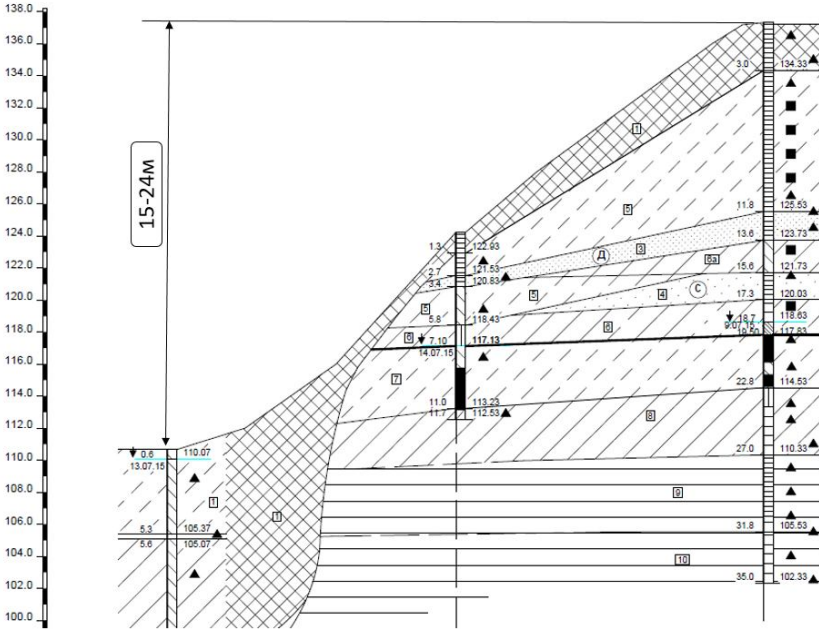


Рис. 4. Інженерно-геологічний розріз

В межах ділянки будівництва спостерігаються активні зсувні процеси, що виникають в результаті суфозійного вимивання мілких часток породи при вклинюванні на схилах ґрунтових вод першого водоносного горизонту.

Перед початком робіт по плануванню території, перенесенню інженерних комунікацій та влаштуванню підпірних стін планується організувати моніторинг за стійкістю схилу, гідрологічним режимом та станом навколишньої забудови за спеціальною програмою розробленою в межах робіт з науково-технічного супроводу. На несучих елементах (стінах) будинків передбачається закріпити геодезичні спостережні марки та влаштувати систему реперів поза межами будівництва та зони його впливу. Також розмістити марки вздовж зовнішньої підпірної стіни (ПС-1) та на схилі із кроком 10-20 м та у подальшому на ростверках підпірних стін.

Також планується організувати систему п'езометричних свердловин з кроком 20-25 м для контролю за рівнем ґрунтових вод та свердловин обладнаних інклінометрами кроком 20-25 м для контролю за деформаціями ґрунтової товщі за межами ділянки будівництва.

Таблиця 1

## Фізико-механічні характеристики ґрунтів

№ ПЕ	Опис ґрунтів	Щільність, г/см <sup>3</sup>	Модуль деформації, Мпа	Кут вн. тертя, град	Питоме зчеплення, кПа	Коеф. фільтр., м/добу
14	Ґрунтово-рослинний шар засипаний	1.9	5	9	10	-
18	Торф середнього ст. розкладення	1.14	6	10	20	0.5
52	Пісок сер. крупності	1.84	45	36	2	6
53	Пісок крупний	1.84	40	37	1	7
55	Супісок твердий	2.0	19	28	17	0.5
56	Супісок пластичний	1.86	20	26	16	0.6
57а	Супісок пластичний	2.02	17	24	13	0.8
67а	Супісок пластичний	2.04	21	25	14	0.2
68а	Супісок пластичний	2.06	19	26	15	0.3
70	Суглинок напівтвердий	2.0	19	24	23	0.2
71	Ґлина напівтверда	1.95	30	22	60	0.01
73	Ґлина напівтверда	1.97	31	19	60	0.01

Числове моделювання напружено-деформованого стану захисних конструкцій котловану спільно з ґрунтовим масивом проводилось за допомогою методу скінченних елементів, що дало змогу врахувати в розрахунках складні властивості ґрунтів, а також визначити напруження і переміщення в усіх елементах системи на всіх етапах розробки ґрунту. При цьому ґрунтовий масив розглядався, як суцільне нелінійне середовище. Задача розв'язувалась в плоскій постановці. Розрахунок проводивсь у 8 етапів.

На рис. 5 приведена розрахункова схема, яка включає ґрунтову основу потужністю 50 м, три яруси підпірних стін (ПС) із паль кроком 1.2 м, довжиною 28 м в ПС-1 і ПС-2, та 23 в ПС-3, а також фундамент існуючої будівлі із приведеним навантаженням від надземної частини. Характеристики жорсткості паль підпірних стін були приведені з розрахунку на 1 м.п. Розміри розрахункової області складають 50×80 м. Нижня частина розрахункової схеми, на відстані 20 м від подошви палі підпірної стіни обмежена площиною, яка закріплена від вертикальних переміщень. По бічним площинам на основу накладені в'язі, що перешкоджають тільки нормальним до площин переміщенням. Для

підпірних стін прийняті розрахункові жорсткості:  $EI=5.54 \times \text{кН/м}^2 \times \text{м}$ ,  $EA=1.73 \text{ кН/м}$ .

Розв'язувались 4 варіанти задачі:

V1 – підпірні стіни без оточуючої забудови;

V2 – підпірні стіни з існуючим будинком на відстані 20 м;

V3 – підпірні стіни з існуючим будинком на відстані 10 м;

V4 – підпірні стіни з існуючим будинком на відстані 5 м.

Розрахунок проводився із врахуванням формування напружено-деформованого стану ґрунтового масиву в процесі влаштування підпірної стіни.

При цьому порівнювались горизонтальні переміщення верху палі підпірних стін, згинальні моменти, а також вертикальні переміщення фундаменту існуючого будинку.

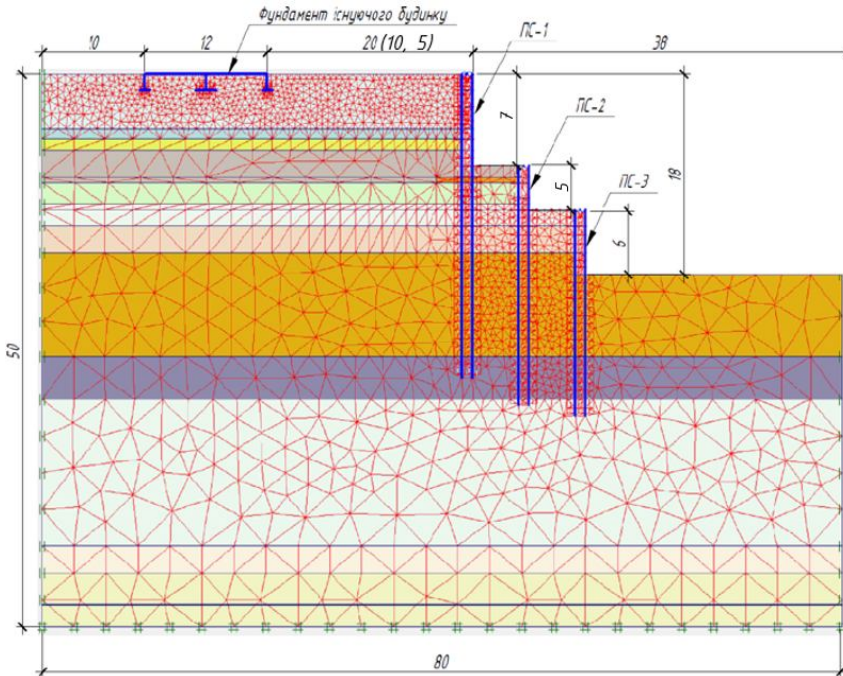


Рис. 5. Скінченно-елементна модель

Зменшення відстані між будинком і підпірною стіною спричиняє суттєву зміну горизонтальних переміщень. На рис. 6 приведено графік, який показує зміну переміщень ярусів підпірної стіни в залежності від відстані до будинку. Збільшення переміщень коливаться в межах від 12 до 70%. Максимальне значення спостерігається у варіанті V4 при відстані 5 м.

Аналіз зміни згинальних моментів вказує на те, що зменшення відстані призводить як до кількісної так і до якісної зміни епюри моментів. Дану зміну приведено на рис. 7, на якому показано епюри моментів в першій від будинку палі при різних варіантах розташування будинку. Така ж



ситуація спостерігається в палях інших двох ярусів підпірних стін. Так при варіантах В3 і В4 згинальні моменти зростають на 26% і 60% у порівнянні із В1 і В2. Незначна зміна моментів у варіантах В1 і В2 вказує на те, що існуюча будівля на відстані 20м від котловану не потрапила в зону формування поверхні ковзання схилу. Зі зменшенням відстані до 10 і 5м спостерігається інша картина: характер епюри змінюється разом із кількісними значеннями моментів, а також їх максимальні значення формуються на інших позначках. Це пояснюється тим, що близьке розташування будівлі біля котловану спричиняє її входження в зону формування поверхні ковзання.

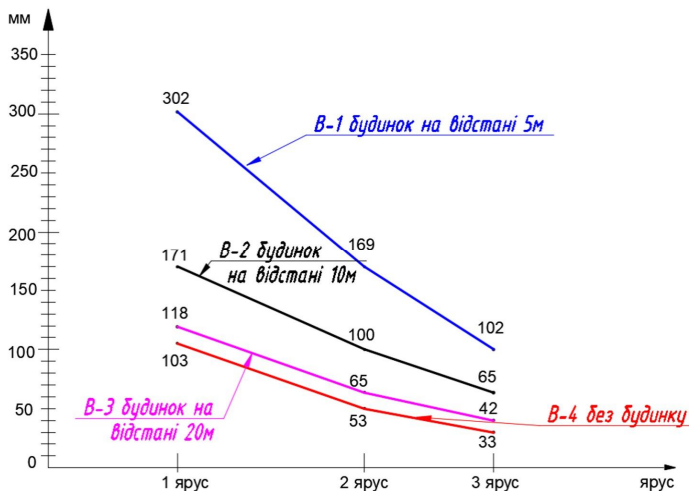


Рис. 6. Графік залежності переміщень ярусів підпірної стіни від відстані до будинку

Аналіз напружено-деформованого стану існуючого будинку показав, що в фундаментних конструкціях, при зменшенні відстані до котловану, фіксується зростання додаткових осідань. Спостерігається збільшення вертикальних деформацій на 30-40%. Така ситуація вимагає додаткових заходів зменшення впливу влаштування котловану.

### Висновки

Встановлено, що врахування впливу існуючої забудови при влаштуванні котловану суттєво змінює характер напружено-деформованого стану ґрунтової основи та конструкцій огороження котловану, збільшуючи переміщення підпірних конструкцій на 12-70% в залежності від відстані до будинку.

Виявлено, що згинальні моменти в конструкції огороження при зменшенні відстані між котлованом та існуючою забудовою зазнають кількісних і якісних змін. Так, значення згинальних моментів в палях при зменшенні відстані від 20 м до 10 м зростають на 26%, а у випадку зменшення відстані від 10 м до 5 м – на 45%.

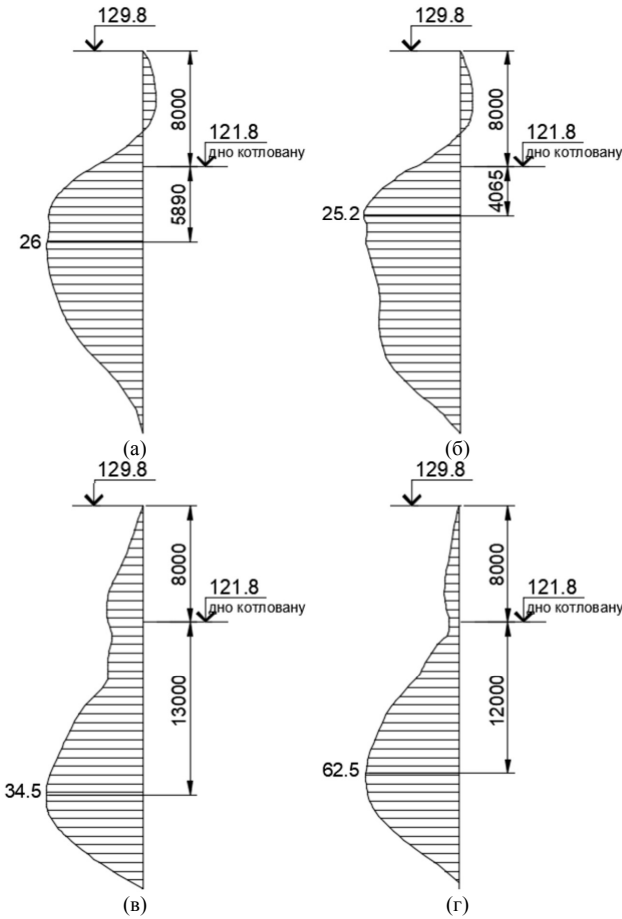


Рис. 7. Епюри згинальних моментів в першій від будинку palі ( $\tau^*m$ ):  
 (а) без будинку; (б) будинок на відстані 20 м;  
 (в) будинок на відстані 10 м; (г) будинок на відстані 5 м

Показано, що скорочення відстані між існуючою будівлею і котлованом призводить до виникнення додаткових осідань у фундаментних конструкціях існуючого будинку. Так, вертикальні деформації при розташуванні будинку на відстані 5 м зростають на 35%, у порівнянні із будинком на відстані 20 м, що пояснюється потраплянням будівлі в зону формування поверхні ковзання схилу.

Виявлено, що найбільш раціональне розташування існуючої будівлі є у випадку, коли глибина котловану дорівнює відстані між будинком і гранню конструкції огороження котловану, так як будівля не потрапляє в зону впливу нового будівництва.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Будівництво в умовах ущільненої забудови. Вимоги безпеки. ДБН В.1.2-12:2008. [Чинні від 2009-01-01]. – К.: Мінрегіонбуд України“, 2008. – 34 с. – (Державні будівельні норми).
2. Винников Ю.Л., Харченко М.О., Єрмоласко Д.А., Акопян М.К. / Геотехнічний моніторинг улаштування котловану новобудови поруч з існуючими будівлями // Мости та тунелі: теорія, дослідження і практика / 2022, №22 – С.12-25.
3. Зоценко М.Л. Моделювання напружено-деформованого стану ґрунтового масиву зсувного схилу / М. Л. Зоценко, Ю. Л. Винников, М. О. Харченко, А. М. Виноградова, О.В. Костенко // 36. наук. праць. Серія: Галузеве машинобудування, будівництво. – Полтава: ПолтНТУ, 2013. –Вип. 3(38). – Т. 1. – С. 160-169.
4. Бойко І.П. Зміна напружено-деформованого стану при зведенні поруч нових будівель в умовах щільної міської забудови / І. П. Бойко, В. С. Носенко //Будівельні конструкції. – К.: НДІБК – 2008 – Вип. 71. – Книга 1. – С. 370–376.
5. Бондарєва Л.О., Хоронжевський М. Оцінка впливу процесу влаштування огороджувальних конструкцій котловану на оточуючу забудову / Основи і фундаменти // 2022 №45 – С.22-32.
6. Turcek P., Sul'ovska M. Using the observationmethod for foundations of high-rise buildings /Geotechnical Engineering in Urban Environ-ments – Rotterdam, 2007 – pp.419-422.
7. Capraru C. Numerical analysis of deep excavations and prediction of their influence on neighboring building / Capraru C., Adam D., Hoffmann J. // Numerical methods in geotechnical engineering - London: Taylor & Francis Group, 2014 – pp. 735-741 – DOI: 10.1201/b17017-132.
8. Chandrakant S. Desai, Numerical methods in geotechnical engineering / Chandrakant S. Desai, John T. Christian // New York – McGraw-Hill, 1977. – 783p. – ISBN 0-07-016542-4
9. David M. Potts, Finite element analysis in geotechnical engineering / David M. Potts, L. Zdravkovic // London – Imperial College of Science, 2001. – 415p. – ISBN 0 727727532.
10. Chris R.I. Clayton, Earth pressure and earth-retaining structures / Chris R.I. Clayton, Rich I. Woods, A.J.Bond, J.Milititsky – New York, , Taylor & Francis, 2006. p.559.
11. Chang-Yu Ou. Deep excavation. Theory and practice. – Department of Construction Engineering, National Taiwan University of Science and Technology – London, Taylor & Francis, 2006. p.532.

## REFERENCES

1. Budivnyctstvo v umovakh ushchilненої забудови (Construction in the densely built-up territory). Vymohy bezpeky. DBN V.1.2-12:2008. [Chynni vid 2009-01-01]. – К. : Minrehionbud Ukrainy“, 2008. – 34 s. – (Derzhavni budivelni normy).
2. Vynnykov Yu.L., M.O. Kharchenko., D.A. Yermolaienko, M.K. Akopian / Heotekhnichniy monitorynh ulashtuvannya kotlovanu novobudovy poruch z isnuichymy budivliamy (Geotechnical monitoring of the arrangement on the pit of the new building nearby to existing buildings) // Mosty ta tuneli: teoriia, doslidzhennia i praktyka / 2022, №22 – S.12-25.
3. Zotsenko M.L. Modeliuvannya napruzhenno-deformovanoho stanu ґрунтового масиву зсувного схилу (Modeling of the stress-strain state of the soil massif on landslide slope) / М. Л. Zotsenko, Yu. L. Vynnykov, М. О. Kharchenko, А. М. Vynohradova, О. V. Kostenko // Zb. nauk. prats. Seriia: Haluzeve mashynobuduvannya, budivnyctstvo. –Poltava: PoltNTU, 2013. – Vyp. 3(38). – Т. 1. – S. 160-169.
4. Boiko I.P. Zmina napruzhenno-deformovanoho stanu pry zvedenni poruch novykh budivel v umovakh shchilnoi miskoi забудови (Change in the stress-strain state when new buildings are erected nearby to each other in the conditions of dense urban development) / І. P. Boiko, V. S. Nosenko //Budivelni konstruktzii. – К.: NDIBK – 2008 – Vyp. 71. – Knyha 1. – S. 370–376.
5. Bondarieva L.O., Khoronzhevskiy M. Otsinka vplyvu protsesu vlashtuvannya ohorodzhuvalnykh konstruktzii kotlovanu na otocuiuchu zabudovu (Assessment of the influence of the process of installation of pit enclosure structures on the surrounding buildings) / Osnovy i fundamenti // 2022 №45 – S.22-32.
6. Turcek P., Sulovska M. Using the observation method for foundations of high-rise buildings /Geotechnical Engineering in Urban Environ-ments – Rotterdam, 2007 – pp.419-422.

7. Capraru C. Numerical analysis of deep excavations and prediction of their influence on neighboring building / Capraru C., Adam D., Hoffmann J. // Numerical methods in geotechnical engineering - London: Taylor & Francis Group, 2014 – pp. 735-741 – DOI: 10.1201/b17017-132.
8. Chandrakant S. Desai, Numerical methods in geotechnical engineering / Chandrakant S. Desai, John T. Christian // New York – McGraw-Hill, 1977. – 783p. – ISBN 0-07-016542-4.
9. David M. Potts, Finite element analysis in geotechnical engineering / David M. Potts, L. Zdravkovic // London – Imperial College of Science, 2001. – 415p. – ISBN 0 727727532.
10. Chris R.I. Clayton, Earth pressure and earth-retaining structures / Chris R.I. Clayton, Rich I. Woods, A.J. Bond, J. Milititsky – New York, Taylor & Francis, 2006. p.559.
11. Chang-Yu Ou. Deep excavation. Theory and practice. – Department of Construction Engineering, National Taiwan University of Science and Technology – London, Taylor & Francis, 2006. p.532.

*Стаття надійшла 28.04.2023*

*Ручківський В.В.*

### **ВЗАЄМОДІЯ ІНЖЕНЕРНИХ ЗАХИСНИХ КОНСТРУКЦІЙ З ГРУНТОВОЮ ОСНОВОЮ В УМОВАХ ЩІЛЬНОЇ МІСЬКОЇ ЗАБУДОВИ**

В статті проаналізовано роботу системи «інженерні захисні конструкції-грунтовий масив» в зоні впливу оточуючої забудови при наявності складних інженерно-геологічних умов. Проведено моделювання задачі влаштування глибокого котловану під захистом багатоярусної підпірної стінки. Виявлено взаємовплив оточуючої забудови та розробки котловану нового будівництва в залежності від відстані між ними. Визначено оптимальну відстань між існуючою забудовою та котлованом нового будівництва.

Встановлено, що врахування впливу існуючої забудови при влаштуванні котловану суттєво змінює характер напружено-деформованого стану ґрунтової основи та конструкцій огороження котловану, збільшуючи переміщення підпірних конструкцій на 12-70% в залежності від відстані до будинку.

Виявлено, що згинальні моменти в конструкції огороження при зменшенні відстані між котлованом та існуючою забудовою зазнають кількісних і якісних змін. Так, значення згинальних моментів в палях при зменшенні відстані від 20м до 10м зростають на 26%, а у випадку зменшення відстані від 10м до 5м – на 45%.

Показано, що скорочення відстані між існуючою будівлею і котлованом призводить до виникнення додаткових осідань у фундаментних конструкціях існуючого будинку. Так, вертикальні деформації при розташуванні будинку на відстані 5м зростають на 35%, у порівнянні із будинком на відстані 20м, що пояснюється потраплянням будівлі в зону формування поверхні ковзання схилу.

Виявлено, що найбільш раціональне розташування існуючої будівлі є у випадку, коли глибина котловану дорівнює відстані між будинком і гранню конструкції огороження котловану, так як будівля не потрапляє в зону впливу нового будівництва.

**Ключові слова:** інженерні захисні конструкції, підпірна стіна, напружено-деформований стан, котлован, ущільнена забудова.

*Ruchkivskiy V.V.*

### **INTERACTION OF ENGINEERING PROTECTIVE STRUCTURES WITH THE SOIL BASE IN DENSELY BUILT-UP TERRITORY**

The article analyzes the operation of the "engineering protective structures-soil massif" system in the zone of influence of the surrounding buildings in the presence of complex engineering and geological conditions. Simulation of the task of setting up a deep pit under the protection with a multi-tiered retaining wall was carried out. The mutual influence of the surrounding buildings and the development of the pit near the new construction, depending on the distance between them, was revealed. The optimal distance between the existing building and the pit of the new construction was determined.

It has been established that taking into account the influence of existing buildings when constructing a pit significantly changes the nature of the stress-deformation state of the soil base

and pit enclosure structures, increasing the movement of supporting structures by 12-72% depending on the distance to the house.

It was found that the bending moments in the structure of the fence undergo quantitative and qualitative changes when the distance between the pit and the existing building is reduced. Thus, values of bending moments in piles increase by 25% when the distance is reduced from 20m to 10m, and by 46% when the distance is reduced from 10m to 5m.

It is shown that reducing the distance between the existing building and the pit leads to the occurrence of additional settlements in the foundation structures of the existing building. Thus, vertical deformations when the house is located at a distance of 5 m increase by 35%, compared to a house at a distance of 20 m, which is explained by the building falling into the zone of formation of the slope sliding surface.

It was found that the most rational location of the existing building is in the case when the pit depth is equal to the distance between the house and the face of the pit enclosure structure, since the building does not fall into the zone of influence of the new construction.

**Key words:** engineering protective structures, retaining wall, stress-strain state, pit, densely built-up territory.

УДК 539.3

*Ручківський В.В.* **Взаємодія інженерних захисних конструкцій з ґрунтовою основою в умовах щільної міської забудови** // Опір матеріалів і теорія споруд: наук.-тех. збірн. – К.: КНУБА, 2023. – Вип. 110. – С. 507-519.

Табл. 1. Іл. 7. Бібліогр. 11 назв.

UDC 539.3

*Ruchkivskiy V.V.* **Interaction of engineering protective structures with the soil base in densely built-up territory** // Strength of Materials and Theory of Structures: Scientific – Technical collected articles – Kyiv: KNUBA, 2023. – Issue 110. – P. 507-519.

Tabl. 1. Fig. 7. Ref. 11.

**Автор (вчена ступень, вчене звання, посада):** асистент кафедри геотехніки, РУЧКІВСЬКИЙ Віталій Валентинович

**Адреса робоча:** 03680 Україна, м. Київ, Повітрофлотський проспект 31, Київський національний університет будівництва і архітектури.

**Робочий тел.:** +38(068) 852-90-34

**E-mail:** ruchkivskiy.vv@knuba.edu.ua

**ORCID ID:** <https://orcid.org/0000-0001-8982-2884>