

УДК 624.1

© Н.В. Зуєвська, В.Є. Губашова, Л.В. Шайдецька

ОСОБЛИВОСТІ ВРАХУВАННЯ ВПЛИВУ БУДІВЕЛЬНОЇ ТЕХНІКИ НА СТІЙКІСТЬ КОНСТРУКЦІЇ КОТЛОВАНУ ПРИ ЩІЛЬНІЙ МІСЬКІЙ ЗАБУДОВІ

© N. Zuievskaya, V.Gubashova, L. Shaidetska

FEATURES OF INFLUENCE OF BUILDING MACHINERY AND EQUIPMENT ON THE STABILITY OF FOUNDATION PIT CONSTRUCTION IN URBAN AREA

Мета. Провести моделювання напружено-деформованого стану сумісної роботи конструкції кріплення котловану та оточуючого ґрунту з врахуванням впливу на його поведінку різних схем розташування будівельної техніки під час будівельно-монтажних робіт.

Методика дослідження полягає в узагальненні відомих наукових результатів та практичного досвіду прогнозування та запобігання деформацій спорудження кріплення котловану і навколишнього масиву, комп'ютерного моделювання на основі використання програми «Plaxis», що реалізує метод кінцевих елементів (МКЕ), оцінка критичного напружено-деформованого стану конструкції кріплення.

Результати дослідження. Виконано моделювання напружено-деформованого стану сумісної роботи конструкції кріплення котловану та оточуючого ґрунту, проведено аналіз його деформаційних характеристик та зусиль, що виникають в ньому, в залежності від типу та розташування будівельної техніки на будівельному майданчику під час проведення будівельно-монтажних робіт.

Наукова новизна. Встановлено закономірності зміни деформаційних характеристик та зусиль в кріпленні котловану в залежності від безпечної відстані розташування будівельної техніки, методами чисельного аналізу (МКЕ) встановлено залежність переміщення конструкції огороження котловану та згинаючого моменту від схем розташування будівельної техніки під час будівельно-монтажних робіт.

Практичне значення. Результати досліджень дозволяють обрати можливі варіанти розташування та пересування різноманітної будівельної техніки на будівельному майданчику в залежності від інженерно-геологічних умов та виду кріплення котловану, визначити напружено-деформований стан сумісної роботи конструкції кріплення котловану та оточуючого ґрунту.

Ключові слова: кріплення котловану, стіна в ґрунті, моделювання, будівельна техніка, напружено-деформований стан, зусилля

Вступ. В умовах щільної міської забудови або в безпосередній близькості від підземних комунікацій єдиним рішенням кріплення котловану найчастіше є "стіна в ґрунті". Це спеціальна технологія, яка дозволяє виконувати огороження котлованів при зведенні підземних об'єктів. Вибір конструкції огороження котловану в таких умовах обов'язково повинен враховувати динамічний вплив будівельної техніки безпосередньо на стійкість самого кріплення [1 – 2].

Основними способами забезпечення несучої здатності "стіни в ґрунті" на горизонтальні навантаження є установка ґрунтових анкерів, пристроїв розпірної

системи і спорудження нульового циклу напівзакритим способом за схемою "зверху-вниз" (технологія semi-top-down).

Для моделювання конструкції огороження котловану при виконанні глибокої виїмки використаємо розрахунковий комплекс PLAXIS, використовуючи модель ґрунту, що стає жорсткішим (*Hardening Soil Model*).

PLAXIS - це розрахункова програма використовує схеми кінцевих елементів в двовимірній системі, яка розроблена спеціально для аналізу деформацій і стійкості в різних геотехнічних умовах. Реальні ситуації можуть бути зведені до плоскої або осесиметричної моделі.

Ідея методу кінцевих елементів полягає в тому, що розрахункова система замінюється (апроксимується) системою з кінцевим числом ступенів свободи, тобто проводиться дискретизація системи на окремі елементи, з'єднані між собою у вузлах. Робота дискретизованої системи буде визначатися взаємодією окремих кінцевих елементів. Рішенням задачі визначення напружено-деформованого стану розрахункової системи методом кінцевих елементів буде таке напружено-деформований стан дискретизованої системи, при якому задовольняються умови сумісності та рівноваги [3 – 6].

Метою проведення досліджень є моделювання конструкції кріплення котловану з урахуванням впливу на його поведінку різних схем розташування будівельної техніки при проведенні будівельно-монтажних робіт.

Виклад основного матеріалу досліджень. В розглянутих варіантах моделювання були обрані: "стіна в ґрунті" без додаткового кріплення; "стіна в ґрунті" та розпірні конструкції з труб металевих Ø820x10 з кроком 5м; "стіна в ґрунті" зі встановленням ґрунтових ін'єкційних анкерів з кроком 2м.

Для виконання моделювання впливу на деформації конструкції огороження котловану була обрана наступна будівельна техніка, що найчастіше використовується на сучасних будівельних об'єктах:

- бульдозер Liebherr PR 714 LGP (транспортні розміри 3,6x2,8 м, вага 12,6-14,3 т)

- кран Liebherr HS 883 HD (довжина гусінь 5,49 м, ширина гусінь 4,92 м, вага 105,1 т)

- автобетонозмішувач КамАЗ-65115-3958 (габаритні розміри 8,5x2,5x3,6 м, вага 25,2 т)

Комбінації розрахункових елементів при моделюванні приведені в табл.1.

Виходячи з геологічної будови і зважаючи на просторову мінливість, склад, стан та властивості ґрунтів на майданчику будівництва виділені сім інженерно-геологічних елементів (рис.1).

Міцнісні характеристики елементів огороження котловану, що були використані при моделюванні зображені на рис.2

Таблиця 1

Загальна таблиця комбінації розрахункових елементів при моделюванні

Розрахункова модель - варіант комбінацій елементів при моделюванні	Конструкція огороження	Утримуючі елементи		Навантаження від будівельної техніки							
				Бульдозер Liebherr PR 714 LGP	Кран Liebherr HS 883 HD		Автобетонозмішувач КамАЗ-65115-3958				
		"Стіна в ґрунті"	Розпірні конструкції (труба 820x10 з кроком 5м) – 4 яруси		Тимчасові ґрунтові анкери (4 яруси: 20+5, 17+5м, 14,5+5м, 12+4м, з кроком 2м)	Відстань від огороження, м					
				2 м		5 м	2 м	5 м	2 м	5 м	
1	+	+		+	-						
2	+	+				+					
3	+	+							+		
4	+		+	+	-						
5	+		+			+			+		
6	+		+						+		+

ID	Name	Type	γ_{unsat} [kN/m ³]	γ_{sat} [kN/m ³]	k_x [m/day]	k_y [m/day]	E_{50}^{ref} [kN/m ²]	E_{oed}^{ref} [kN/m ²]	E_{ur}^{ref} [kN/m ²]	c_{ref} [kN/m ²]	ϕ [°]	ψ [°]
1	1-nasip	Drained	18.5	19.0	3.0000	3.0000	24000.0	24000.0	72000.0	2.0	27.0	0.0
2	2a-pisok mllyki	Drained	19.4	19.4	3.0000	3.0000	24000.0	24000.0	72000.0	2.0	32.0	2.0
3	3-supisok plastychnyi	Drained	18.6	18.6	0.8000	0.8000	11000.0	11000.0	33000.0	11.0	21.0	0.0
4	2-pisok ser. krupnomy	Drained	20.4	20.4	5.0000	5.0000	50000.0	50000.0	1.5E5	3.0	36.0	6.0
5	5-suglinok tugopl.	Drained	19.5	19.5	0.2000	0.2000	20000.0	20000.0	60000.0	30.0	21.0	0.0
6	6a-glyna rozuchilnena	Drained	19.7	19.7	0.0200	0.0200	21000.0	21000.0	63000.0	48.0	14.0	0.0
7	6-glyna napitvverda	Drained	18.7	18.7	0.0100	0.0100	28000.0	28000.0	84000.0	70.0	18.0	0.0

Рис. 1. Інженерно-геологічні характеристики ґрунтів будівельного майданчику

Для повної картини досліджень були сформовані шість основних варіантів комбінацій елементів при моделюванні (див. табл. 1). Перший варіант - *розрахункова модель 1* відображує роботу конструкції огороження котловану, що виконана методом "стіна в ґрунті", шириною 0,8 м, довжиною 26 м з чотирма ярусами розпірних конструкції з металевої труби $\varnothing 820 \times 10$ з кроком 5м. В даній розрахунковій моделі не прикладені навантаження від будівельної техніки, а отримані результати слугують для зрівняння впливу обраних типів техніки на переміщення конструкції огороження котловану та зусиль, що в ній виникають (рис.3).

ID	Name	Type	EA [kN/m]	EI [kNm ² /m]	w [kN/m ²]	v [-]	M _p [kNm/m]	N _p [kN/m]
1	stena 0.8m	Elastic	2.448E7	1.3056E6	5.6	0.18	1E15	1E15

ID	Name	EA [kN/m]	F _{max,comp} [kN/m]	F _{max,tens} [kN/m]
1	rasporka 0.82m, ch=5m	87666.0	2E14	2E14
2	anker, ch=2m	51000.0	5E14	5E14

ID	Name	Type	EA [kN/m]	N _p [kN/m]
1	koren, ch=2m	Elastic	1.01E7	1E10

Рис. 2. Міцнісні характеристики елементів огороження котловану (конструкція "стіна в ґрунті", розпірки, вільна канатна частина анкера та корінь), що були використані при моделюванні

Максимальне переміщення "стіни в ґрунті" складає *47,13 мм*, а згинаючий момент – *91,78 мм*. А прикладене навантаження від будівельної техніки, а саме Бульдозер Liebherr PR 714 LGP, відображає вплив на поведінку конструкції огороження котловану від техніки на відстані 2 м. В зв'язку з тим, що розрахунковий комплекс двовимірний і не дає можливості змодельовати навантаження від гусені бульдозера тільки в місці контакту з поверхнею ґрунту – навантаження прикладене як розподілене в kN/m^2 і дорівнює вазі бульдозера поділений на транспортну площу техніки. Подальші прикладання навантаження від різних видів будівельної техніки розраховувалися аналогічно.

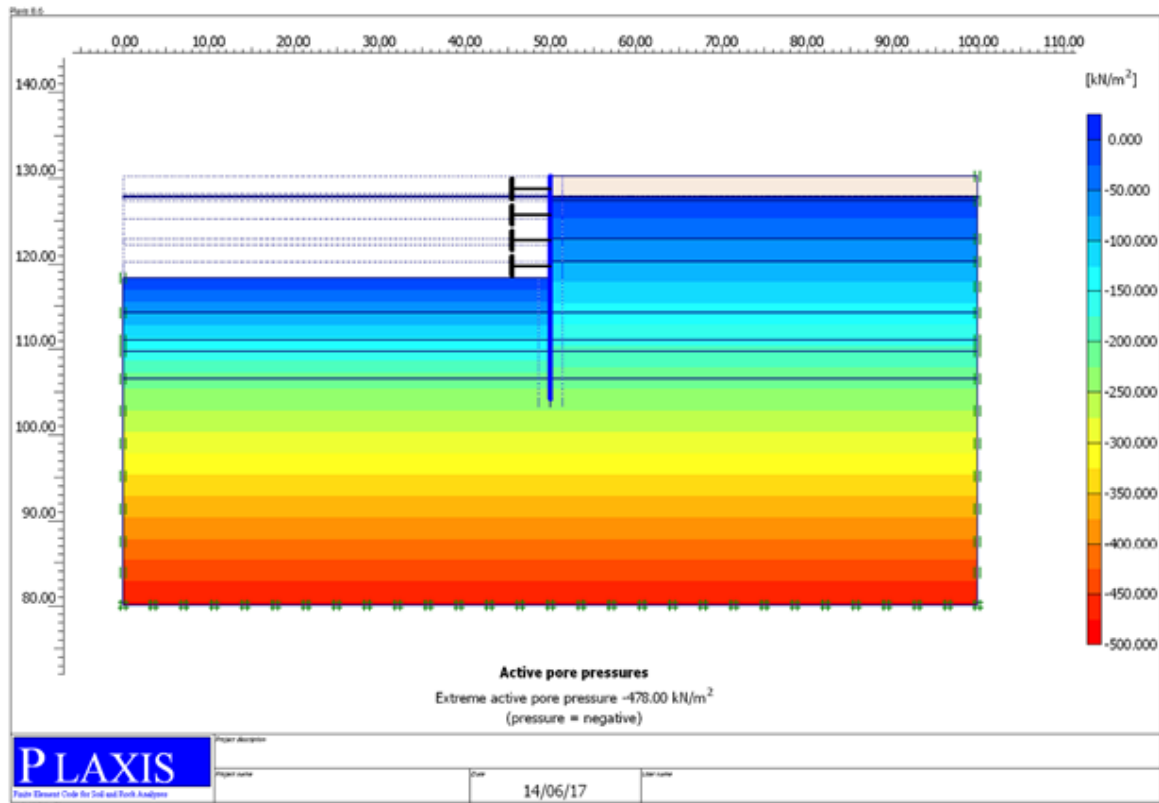


Рис. 3. Розрахункова модель 1. Конструкція огороження – "стіна в ґрунті", 4 яруси розпірок. Розрахунок без прикладання навантаження

На рис.4 ми можемо прослідити незначний приріст в переміщеннях, а саме – 0,55 мм, та в згинаючому моменті – 1,35 тм. В зв'язку з незначним впливом прикладеного навантаження на конструкцію огороження, розрахунки з прикладанням навантаження на відстані 5 м не були виконані.

На основі цих даних можна зробити висновок, що легка будівельна техніка, така як Бульдозер Liebherr PR 714 LGP, вагою до 12-14 т не має значного впливу на стійкість конструкції "стіна в ґрунті".

Розрахункова модель 2 показує вплив на поведінку конструкції огороження котловану від прикладеного навантаження від будівельної техніки, а саме кран Liebherr HS 883 HD, на відстанях 2 та 5 м від осі огороження. На порівняльних графіках 2 ми можемо прослідити приріст в переміщеннях – 14,9 мм, та в згинаючому моменті – 42,22 тм.

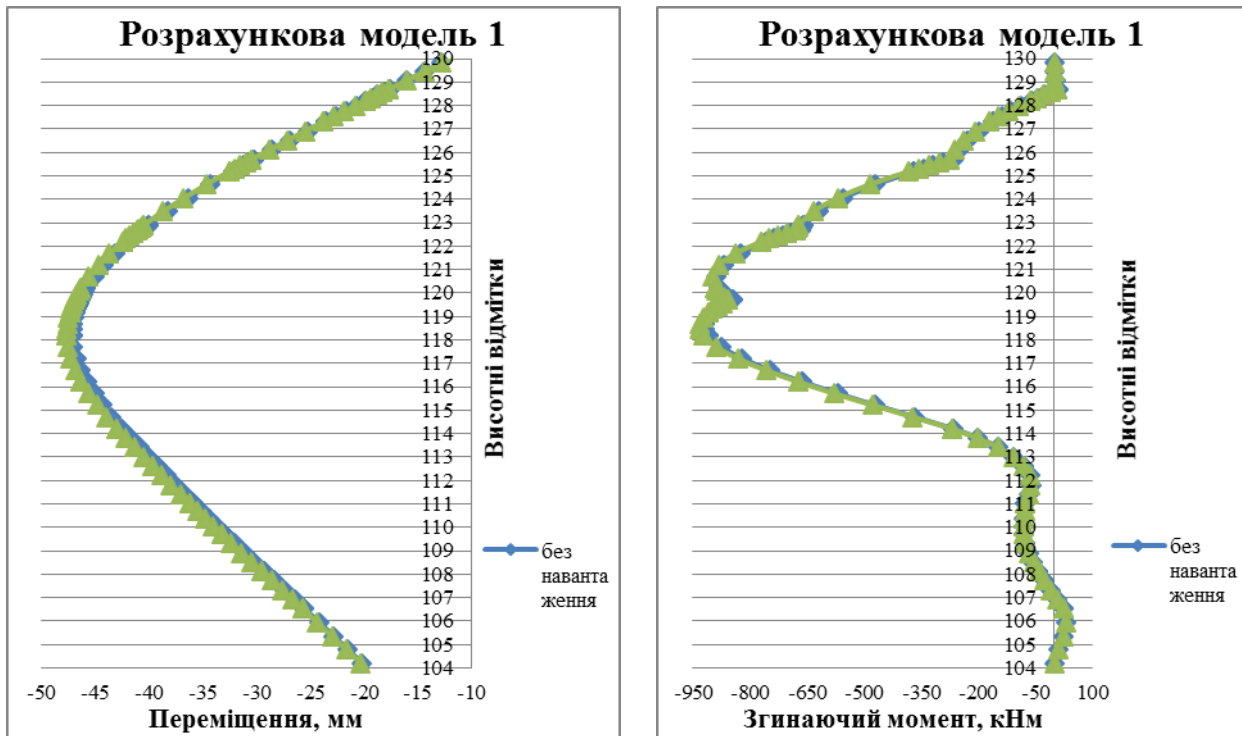


Рис. 4. Переміщення конструкції огороження котловану та згинаючий момент, що в ній виникає в розрахунковій моделі 1. Порівняння результатів до та після прикладання навантаження

Згідно епюр, що показані на рис. 4 бачимо значний приріст в переміщеннях, що склали майже 32% від значення до прикладання навантаження та приріст в величинах згинаючих моментів – 46% від першочергового значення.

При прикладанні навантаження на відстані 5 м від осі конструкції огороження можна побачити незначне зменшення в значеннях переміщень та згинаючих моментів в конструкції.

На основі отриманих результатів робимо висновок, що під'їзд великогабаритної та важкої будівельної техніки, такої як кран Liebherr HS 883 HD, вагою 105 т, повинен прораховуватись окремо і тільки при отриманні безпечної відстані відобразити переміщення цієї техніки в Проекті виробництва робіт.

Якщо існує необхідність розташування важкої техніки близько до огороження котловану – необхідно провести перевірочні розрахунки конструкції огороження та прийняти необхідні зміни для попередження ненормативних переміщень, та перевищення величини згинаючого моменту від розрахункового.

Розрахункова модель 3 показує вплив на поведінку конструкції огороження котловану від прикладеного навантаження від будівельної техніки, а саме автобетонозмішувач КамАЗ-65115-3958, на відстанях 2 та 5 м від осі огороження. Найбільший вплив обрана техніка має при повному заповненні бетоном автобетонозмішувача (при середньому значенні об'єму перевезення бетонної суміші 10 м³ додаткова вага буде складати 25 т).

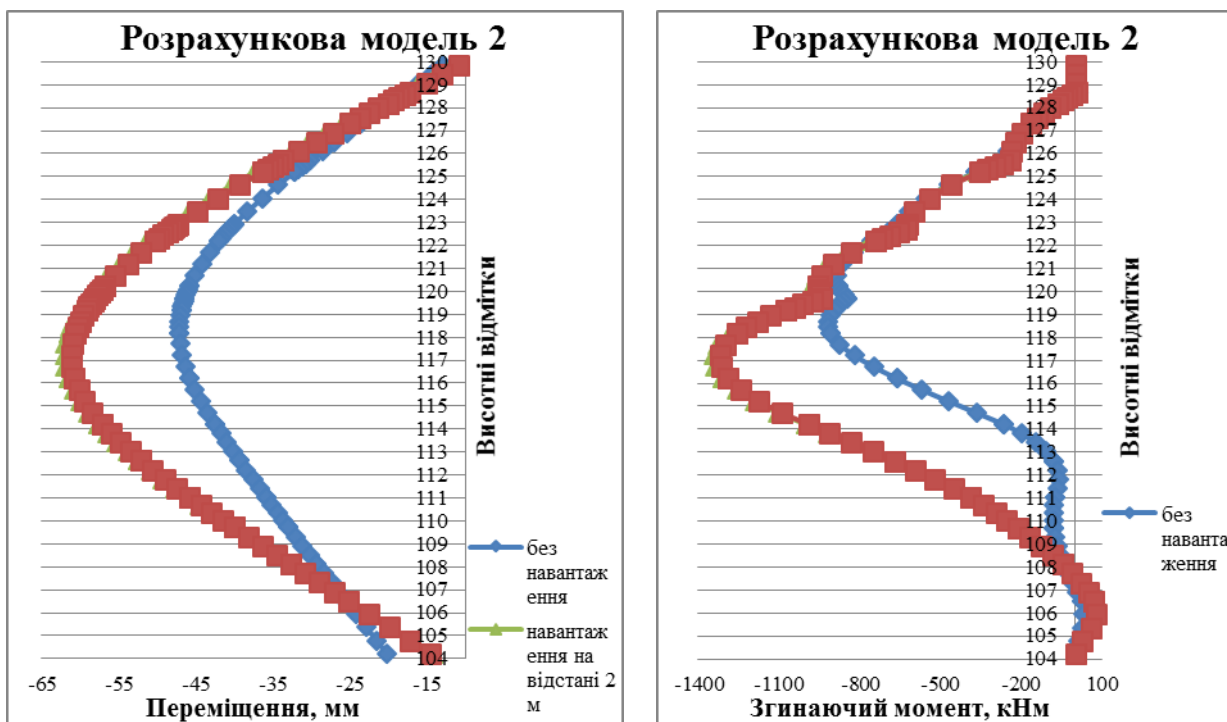


Рис. 5. Переміщення конструкції огороження котловану та згинаючий момент, що в ній виникає в розрахунковій моделі 2. Порівняння результатів до та після прикладання навантаження на відстанях 2 та 5 м

На порівняльних рисунках 5 ми можемо прослідити приріст в переміщеннях – *11,6 мм*, та в згинаючих моментах – *40,22 тм*.

Згідно епюр, що показані на рис. 6 бачимо приріст в переміщеннях, що склали майже *25%* від значення до прикладання навантаження та приріст в величинах згинаючих моментів – *44%* від першочергового значення.

При прикладанні навантаження на відстані 5 м можемо спостерігати зменшення переміщень на *8,5 мм*, а величини згинаючого моменту на *23 тм*, що вказую на те, що розвантаження бетону на будівельному майданчику на відстані 5 м від огороження має менший вплив на конструкцію огороження котловані ніж на відстані 2 м, що необхідно враховувати при проектуванні пересування будівельної техніки по площадці будівництва в Проекті виробництва робіт та вибору площадок для розвантаження бетонної суміші.

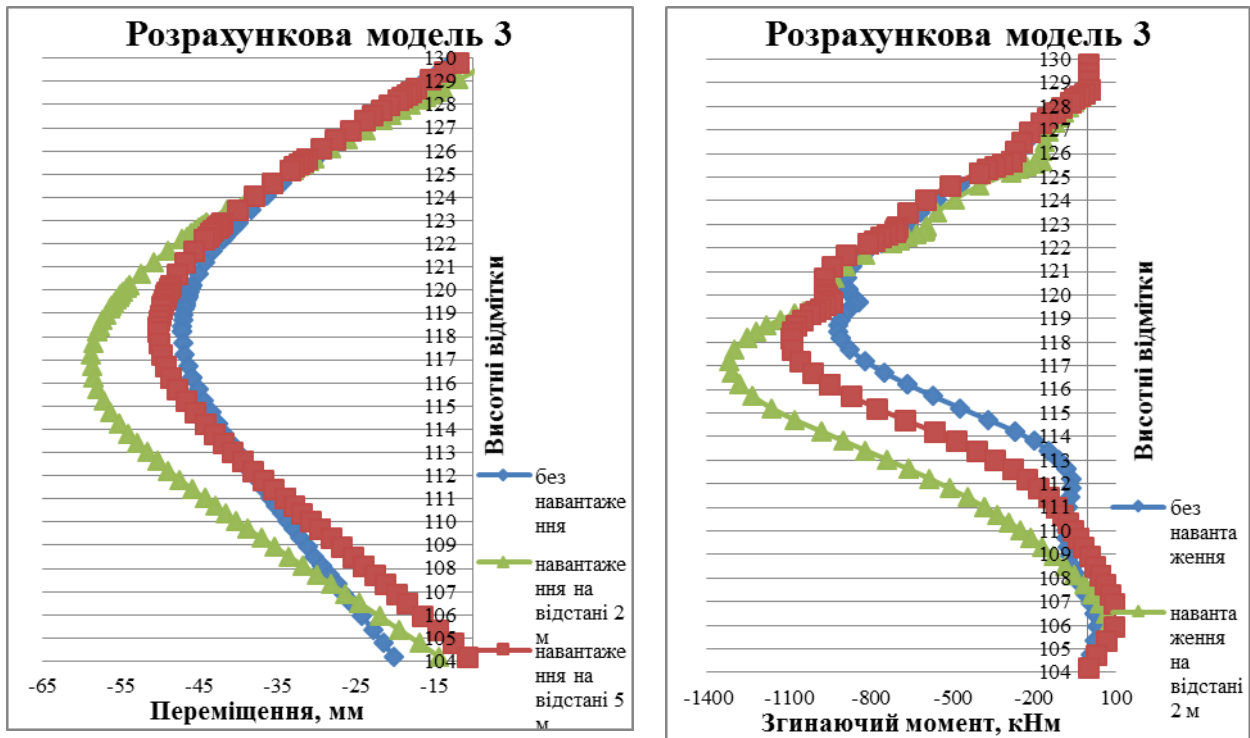


Рис. 6. Переміщення конструкції огороження котловану та згинаючий момент, що в ній виникає в розрахунковій моделі 3. Порівняння результатів до та після прикладання навантаження на відстанях 2 та 5 м

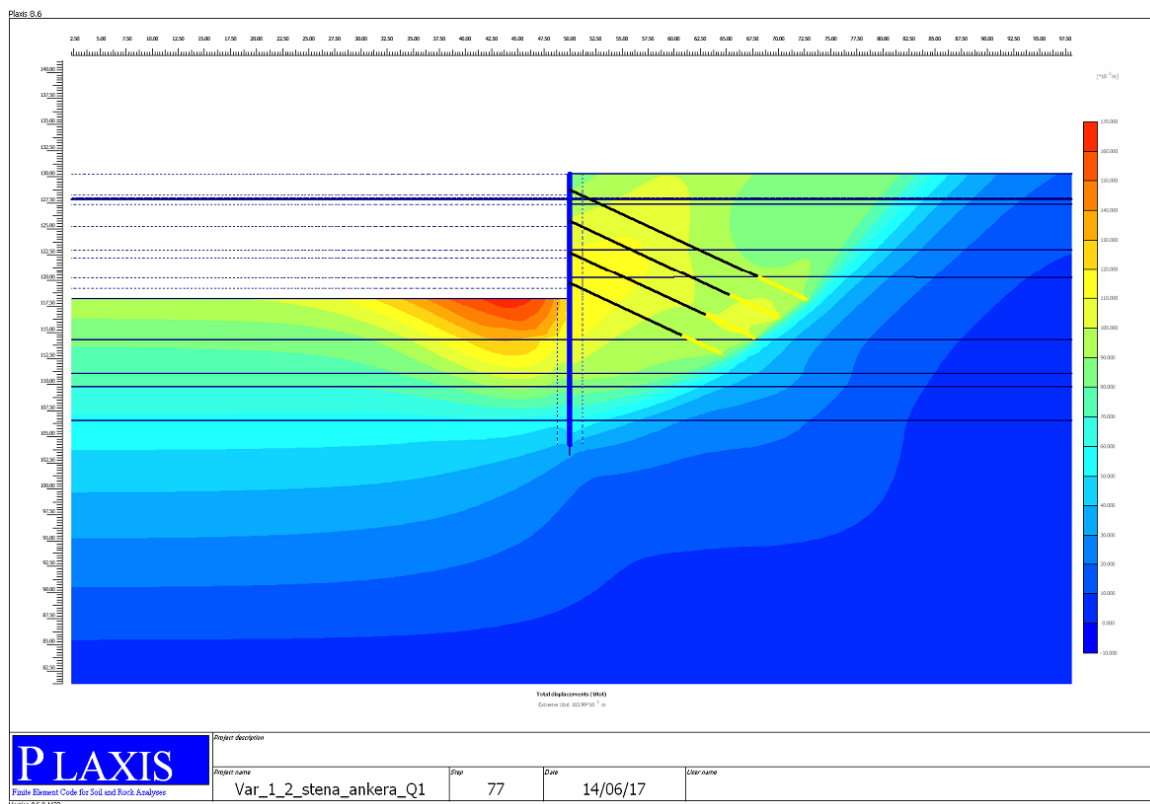


Рис. 7. Розрахункова модель 4. Конструкція огороження – "стіна в ґрунті", 4 яруси ґрунтових анкерів. Розрахунок без прикладання навантаження

Розрахункова модель 4 (рис. 7) відображує роботу конструкції огороження котловану, що виконана методом "стіна в ґрунті", шириною 0,8 м, довжиною 26 м з чотирма ярусами тимчасових ін'єкційних ґрунтових анкерів з кроком 2 м. В даній розрахунковій моделі не прикладені навантаження від будівельної техніки, а отримані результати слугують для зрівняння впливу обраних типів техніки на переміщення конструкції огороження котловану та зусиль, що в ній виникають. Максимальне переміщення "стіни в ґрунті" складає 118,29 мм, а згинаючий момент – 149,0 мм.

До розрахункової моделі 4 прикладене навантаження від будівельної техніки, а саме Бульдозер Liebherr PR 714 LGP і відображає вплив на поведінку конструкції огороження котловану від техніки на відстані 2 м.

На рис. 8 ми можемо прослідити незначний приріст в переміщеннях, а саме – 0,65 мм, та відсутність приросту в згинаючому моменті, що виникає в конструкції огороження. В зв'язку з незначним впливом прикладеного навантаження на конструкцію огороження, розрахунки з прикладанням навантаження на відстані 5 м не були виконані.

На основі цих даних можна зробити висновок, що легка будівельна техніка, така як Бульдозер Liebherr PR 714 LGP, вагою до 12-14 т не має значного впливу на стійкість конструкції "стіна в ґрунті" як при використанні розпірних конструкцій так і при ґрунтових анкерах.

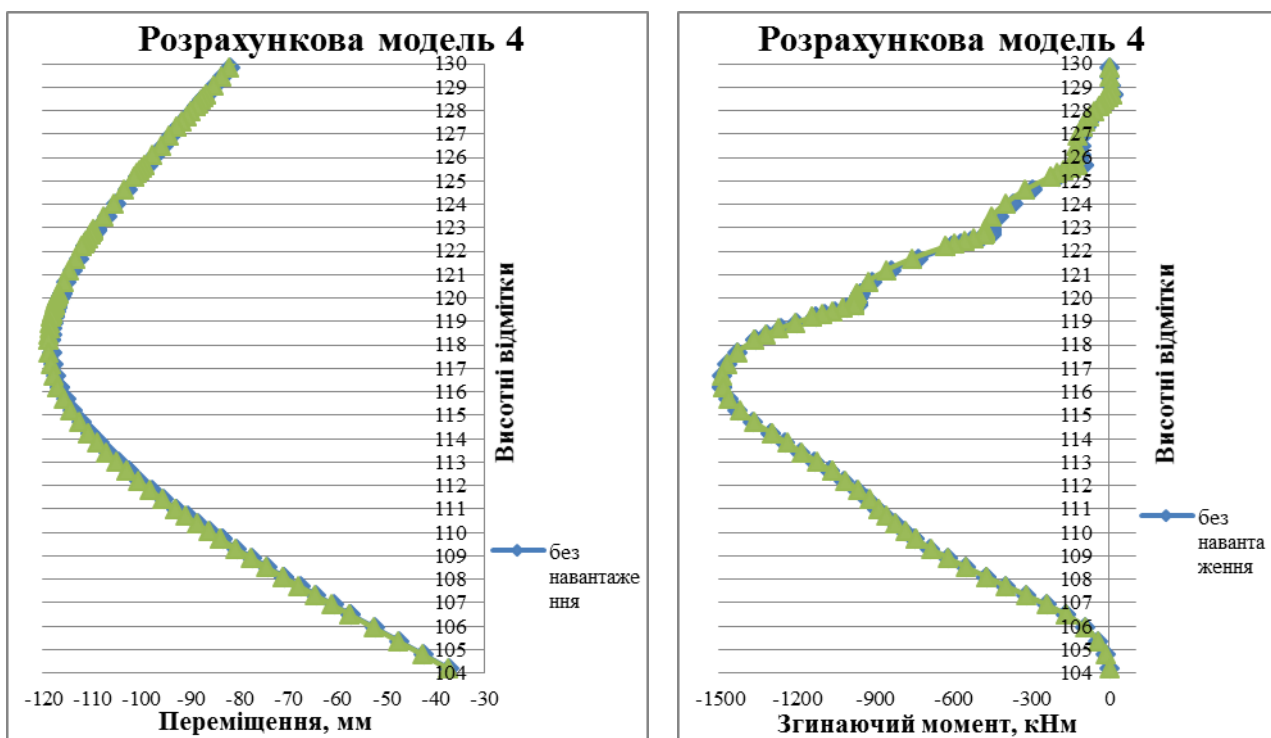


Рис. 8. Переміщення конструкції огороження котловану та згинаючий момент, що в ній виникає в розрахунковій моделі 4. Порівняння результатів до та після прикладання навантаження

Розрахункова модель 5 показує вплив на поведінку конструкції огороження котловану від прикладеного навантаження від будівельної техніки, а саме кран Liebherr HS 883 HD, на відстанях 2 та 5 м від осі огороження.

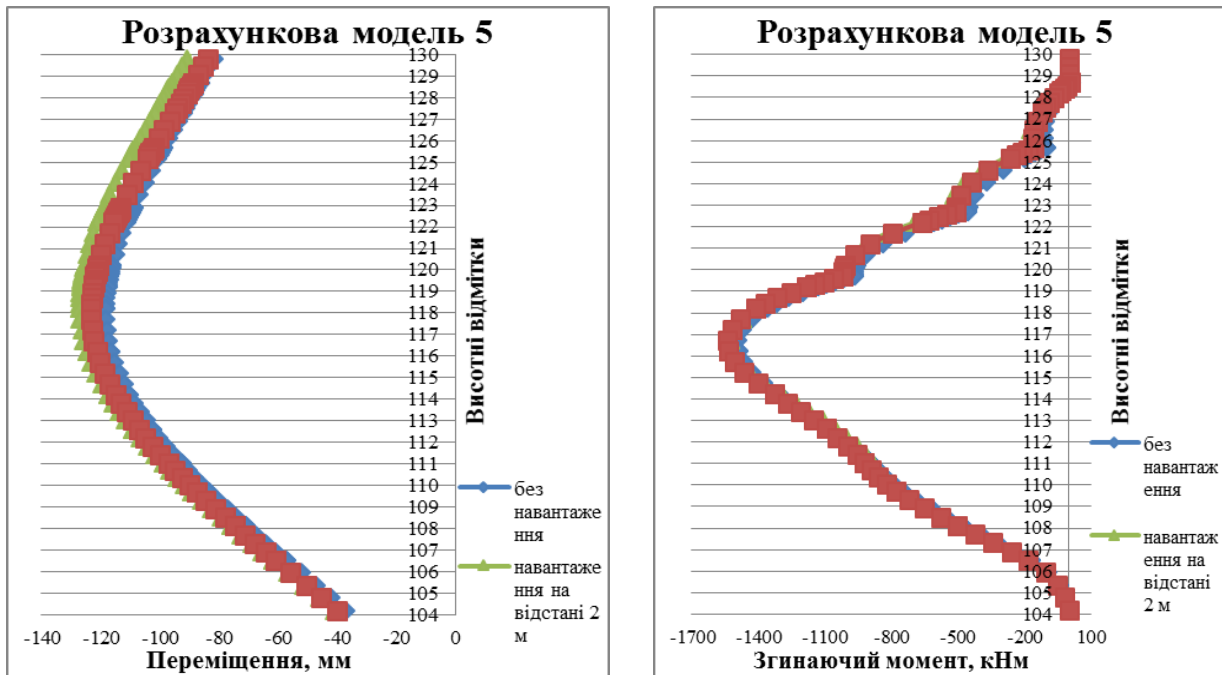


Рис. 9. Переміщення конструкції огороження котловану та згинаючий момент, що в ній виникає в розрахунковій моделі 5. Порівняння результатів до та після прикладання навантаження на відстанях 2 та 5 м

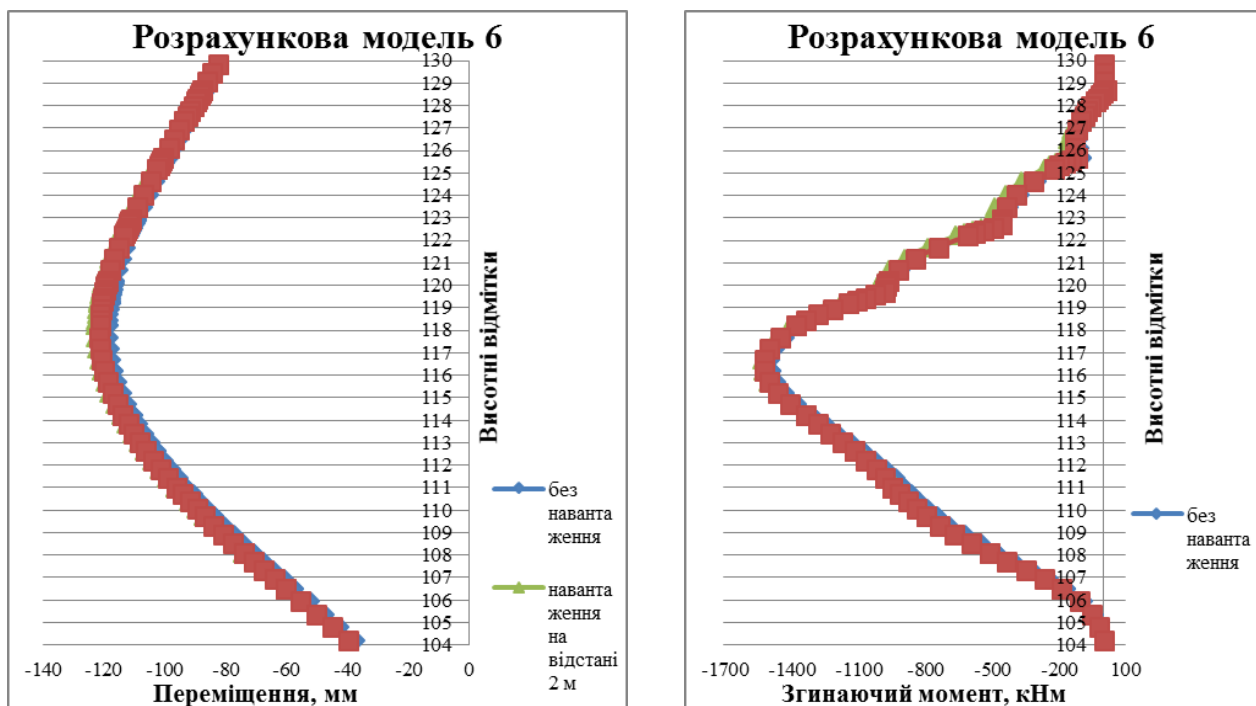


Рис.10. Переміщення конструкції огороження котловану та згинаючий момент, що в ній виникає в розрахунковій моделі 6. Порівняння результатів до та після прикладання навантаження на відстанях 2 та 5 м

На порівняльних рисунках 9 ми можемо прослідити приріст в переміщеннях – 8,8 мм, та в згинаючому моменті – 4 тм.

Згідно епюр, що показані на графіках приріст в переміщеннях склав 7,5% від значення до прикладання навантаження та приріст в величинах згинаючих моментів – 2,7% від першочергового значення.

Таблиця 2

Зведена таблиця результатів моделювання

Варіант комбінації елементів при моделюванні	Конструкція огороження	Вид прикладеного навантаження	Без прикладання навантаження		Відстань прикладання навантаження – 2 м		Відстань прикладання навантаження – 5 м	
			Δ, мм	М, тм	Δ, мм	М, тм	Δ, мм	М, тм
1	"Стіна в ґрунті", в=0,8 м	Бульдозер Liebherr PR 714 LGP	47,13	91,78	47,68	93,13	-	-
	Розпірні конструкції (труба 820x10 з кроком 5м) – 4 яруси							
2	"Стіна в ґрунті", в=0,8 м	Кран Liebherr HS 883 HD	47,13	91,78	62,01	134,0	61,19	132,0
	Розпірні конструкції (труба 820x10 з кроком 5м) – 4 яруси							
3	"Стіна в ґрунті", в=0,8 м	Автобетонозмішувач КамАЗ-65115-3958	47,13	91,78	58,72	132,0	50,24	109,0
	Розпірні конструкції (труба 820x10 з кроком 5м) – 4 яруси							
4	"Стіна в ґрунті", в=0,8 м	Бульдозер Liebherr PR 714 LGP	47,13	91,78	118,94	149,0	-	-
	Тимчасові ґрунтові анкери (4 яруси: 20+5м, 17+5м, 14,5+5м, 12+4м, з кроком 2м)							
5	"Стіна в ґрунті", в=0,8 м	Кран Liebherr HS 883 HD	118,29	149,0	127,11	153,0	123,21	154,0
	Тимчасові ґрунтові анкери (4 яруси: 20+5м, 17+5м, 14,5+5м, 12+4м, з кроком 2м)							
6	"Стіна в ґрунті", в=0,8 м	Автобетонозмішувач КамАЗ-65115-3958	118,29	149,0	122,59	153,0	121,30	152,0
	Тимчасові ґрунтові анкери (4 яруси: 20+5м, 17+5м, 14,5+5м, 12+4м, з кроком 2м)							

Згідно з попередніми результатами аналогічної схеми огороження котловану з розпірними конструкціями, можемо зробити висновок, що важка будівельна техніка не має такого значного впливу на поведінку конструкції огороження котловану з ґрунтовими анкерами, що пов'язано в свою чергу з тим, що стійкість "стіни в ґрунті" забезпечується за рахунок роботи ін'єкційного кореня анкерів в ґрунті і при прикладанні додаткового навантаження на поверхню ґрунту основну частину цього навантаження буде сприймати канатна тяга вільної частини ґрунтових анкерів.

Розрахункова модель 6 показує вплив на поведінку конструкції огороження котловану від прикладеного навантаження від будівельної техніки, а саме автобетонозмішувач КамАЗ-65115-3958, на відстанях 2 та 5 м від осі огороження.

На порівняльних рисунках 10 ми можемо прослідити незначний приріст в переміщеннях – 4,3 мм, та в згинаючому моменті – 4,0 тм.

Прикладання навантаження на відстані 5 м дає незначне зменшення розрахункових значень величин переміщення та згинаючого моменту. Результати моделювання зведені та представлені у таблиці 2.

При порівнянні аналогічної розрахункової моделі з розпірками можна зробити висновок про різницю робіт конструкцій з розпірками та ґрунтовими анкерами та значну різницю в прирості переміщень та згинаючих моментів.

Висновки. На основі результатів моделювання конструкції огороження котловану, що виконана методом "стіна в ґрунті", та аналізу впливу на її деформаційні характеристики та зусилля, що в ній виникають в залежності від виду та розташування будівельної техніки на майданчику, можна зробити висновок, що під'їзд та пересування великогабаритної, важкої та малогабаритної будівельної техніки (вагові і габаритні характеристики яких були використані при моделюванні), повинні прораховуватись окремо і тільки при отримання безпечної відстані відображати переміщення цієї техніки в Проекті проведення робіт. При неможливості зміни шляху переміщення такої техніки по будівельному майданчику слід враховувати можливий приріст згинаючих моментів, що виникає в конструкції огороження, та перегляд її армування в залежності від збільшених значень зусиль.

Робота інженера-проектувальника не закінчується на виборі та розрахунках конструкції огороження котловану. Це завжди прогнозування можливого впливу глибокої виїмки на існуючі будівлі і споруди, прийняття до уваги розташування підземних комунікацій, та можливий вплив на них в залежності від переміщень конструкції огороження котловану, прийняття до уваги складність інженерно-геологічних умов, прорахунки можливих варіантів розташування та пересування різноманітної будівельної техніки на майданчику, що може в значній мірі вплинути як на деформаційні характеристики так і на зусилля, що виникають в конструкції огороження, що і було частково змодельовано та проаналізовано в даній статті. Не слід забувати, що вдале виконання будь-якого будівельного проекту огороження котловану – це міцний симбіоз праці, починаючи з інженерно-геологічних вишукувань і закінчуючи виконанням робіт, а

задача інженера-проектувальника прийняти до уваги при розрахунках і проектуванні всі ці аспекти будівельного ланцюга.

Перелік посилань

1. Рудько, Г.І. (2001). Техногенно-екологічна безпека геологічного середовища (наукові та методичні основи). Львів. Вид. центр ЛНУ ім. І.Франка.
2. Демчишин, М. Г. (2004). Техногенні впливи на геологічне середовище території України. Київ.
3. Баженов, В.А., Сахаров, А.С., Мельниченко, Г.И., Чорный, С.М. (1994) .Метод конечных элементов в задачах строительной механики. Киев. КГТУСА.
4. Винников, Ю.Л. (2004). Математичне моделювання взаємодії фундаментів з ущільненими основами при їх зведенні та наступній роботі. Полтава. ПНТУ.
5. Стовпник, С.М., Ган, А.Л., Загоруйко, Є.А., Шайдецька, Л.В. (2017). Дослідження гідравлічного впливу на технологічну стійкість метро тунелю мілкового закладання в намівних масивах. *Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна*, (71), 141-148.
6. Стовпник, С.М., Ган, А.Л., Загоруйко, Є.А., Шайдецька, Л.В. (2017). Вторинне осідання підземної споруди у водонасиченому масиві при деформуванні ґрунтової основи з утворенням призми сповзання. *Вісник КрНУ імені Михайла Остроградського*, (105), 56-61.

АННОТАЦІЯ

Цель. Провести моделирование напряженно-деформированного состояния совместной работы конструкции крепления котлована и окружающего массива, с учетом влияния на его поведение различных схем расположения строительной техники во время строительно-монтажных работ.

Методика исследований заключается в обобщении известных научных результатов и практического опыта прогнозирования и предотвращения деформаций сооружения крепления котлована и окружающего массива, компьютерного моделирования на основе использования программы «Plaxis», реализующей метод конечных элементов (МКЭ), оценка критического напряженно-деформированного состояния конструкции крепления.

Результаты исследований. Выполнено моделирование напряженно-деформированного состояния совместной работы конструкции крепления котлована и окружающего массива, проведен анализ его деформационных характеристик и усилий, возникающих в нем, в зависимости от типа и расположения строительной техники на строительной площадке во время проведения строительно-монтажных работ.

Научная новизна. Установлены закономерности изменения деформационных характеристик и усилий в крепи котлована в зависимости от безопасного расстояния расположения строительной техники, методами численного анализа (МКЭ) установлена зависимость перемещения конструкции ограждения котлована и изгибающего момента от схем расположения строительной техники во время строительно-монтажных работ.

Практическое значение. Результаты исследований позволяют выбрать возможные варианты расположения и передвижения разнообразной строительной техники на строительной площадке в зависимости от инженерно-геологических условий и вида крепления котлована, определить напряженно-деформированное состояние совместной работы конструкции крепления котлована и окружающего массива.

Ключевые слова: крепление котлована, стена в грунте, моделирование, строительная техника, напряженно-деформированное состояние, усилия

ABSTRACT

Purpose. To simulate the stress-strain state of joint operation of the structure of the foundation pit and the surrounding massif, taking into account the influence on its behavior of various layouts of construction equipment during construction and installation works.

The methods of to generalize well-known scientific results and practical experience of prediction and prevention of deformations of the foundation structure of the pit and surrounding massif, computer simulation based on the use of the "Plaxis" program that implements the finite element method (FEM), and assessment of the critical stress-strain state of the fastening constructions.

Findings. Simulation of the stress-strain state of joint work of the construction of the foundation pit and surrounding massif was performed, the analysis of its deformation characteristics and the forces arising in it, depending on the type and location of construction equipment on the construction site during construction and installation works was carried out.

The originality is the regularities of the change in the deformation characteristics and forces in the anchored foundation pit are established, depending on the safe distance to the location of the construction equipment, the methods of numerical analysis (MCE) establish the dependence of the displacement of the construction of the excavation fencing and the bending moment from the layouts of the construction equipment during the construction and installation works.

Practical implications. The results of the research allow choosing possible variants of location and movement of various construction equipment on the construction site depending on the engineering and geological conditions and the type of anchoring of the excavation, to determine the stress-strain state of joint work of the construction of the foundation pit and the surrounding massif.

Keywords: fastening of foundation pit, wall in soil, design, building technique, tensely-deformed state, efforts