

Вплив послідовності зведення будинків на формування напружено-деформованого стану системи «основа-фундамент-надземні конструкції»

Людмила Скочко¹, Артем Шабалтун²

Київський національний університет будівництва і архітектури
31, просп. Повітрофлотський, Київ, Україна, 03037,
¹skochko.lo@knuba.edu.ua, orcid.org/0000-0001-7392-814X
²starlord1819@gmail.com

DOI: 10.32347/0475-1132.41.2020.32-44

Анотація. Розвиток числового моделювання як основного методу розрахунку будинків дозволяє на сьогодні не просто оцінити напружено-деформований стан, який формується у конструкціях споруд після їх зведення, а дає можливість оцінити еволюцію розвитку напруженого стану в елементах будівлі з моменту початку будівництва до прикладання експлуатаційних навантажень. Саме вплив процесу зведення окремого будинку та вплив черговості зведення секцій багатосекційних будинків досліджено в даній роботі.

Розглянуто різні варіанти черговості зведення секцій без врахування поступового зведення поверхів. Також наведені результати формування напружено-деформованого стану системи «основа – фундамент – надземні конструкції» для задачі з поетапним зведенням будинків - по 5 поверхів.

Будівництво кожної наступної секції здійснює вплив на збудовану цілком або частково сусідню секцію. Цей ефект досліджено для оцінки впливу на зусилля у конструкціях та врахування можливої зміни зони формування максимальних деформацій та напружень.

Розглянуто наступні постановки задач:

- створення скінчено-елементної моделі (СЕМ) без врахування етапів зведення будинку;
- розрахунок будинку з поетапним завантаженням по 5 поверхів. Врахування зміни черговості зведення секцій;
- формування СЕМ з врахуванням черговості зведення секцій без включення послідовності зведення поверхів в межах поточної секції;
- дослідження впливу розрахунку секцій бага-



Людмила Скочко
доцент кафедри
геотехніки
к.т.н.



Артем Шабалтун
студент
магістр

тосекційного будинку без та з урахуванням зведення наступних секцій.

Дослідження впливу черговості будівництва та монтажу об'єкту дає змогу оцінити напружено-деформований стан системи «основа – фундамент – надземні конструкції» на різних етапах будівництва. Отримані результати показали зміни в роботі схеми, які зафіксовані на всіх етапах будівництва.

Розглянуто взаємодію паль в різних зонах секцій, роботу ростверків в фундаментах висотних будівель. Дослідження проведено за допомогою числового моделювання системи «основа - фундаменти – надземні конструкції». Досліджено перерозподіл зусиль в палях в залежності від постановки задач з етапності зведення секцій і конструктивних параметрів (розташування паль в характерних зонах, вплив жорсткостей надземної частини на перерозподіл зусиль).

Виділено характерні зони у фундаменті: це центральні, бічні, кутові та особливо на стиках

суміжних секцій. Виявлено перерозподіл зусиль між палями і ростверком.

Ключові слова. Пальовий фундамент, багатосекційна забудова, етапність зведення, монтаж, числове моделювання, висотний будинок.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

Враховуючи тенденцію сучасного проектування, коли розрахунки виконують без врахування додаткових деформацій, що виникають внаслідок черговості зведення будинків, слід розглянути рішення із включенням даного явища в результати розрахунків, так як неврахування його може призвести до значного недооцінення додаткових деформацій та некоректної оцінки зон формування максимальних деформацій.

Важливим питанням, яке досліджувалось є вплив порядку зведення секцій, що виникає внаслідок привантаження існуючого будинку тим, який прибудовується поруч і виникає взаємний вплив.

АНАЛІЗ ПОПЕРЕДНІХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Питання дослідження впливу секційних висотних будинків на формування НДС системи «основа-фундамент-надземні конструкції» методом числового моделювання було аналізовано в матеріалах [1-8]:

- «Напружено-деформований стан пальових фундаментів багатопверхових секційних будинків», В.С. Носенко, І.П. Бойко;
- «Особливості проектування фундаментів суміжних висотних споруд», В.С. Носенко;
- «Вплив послідовності зведення суміжних секцій висотного будинку на перерозподіл зусиль у пальових фундаментах», В.С. Носенко, І.П.Бойко;
- «Пальові фундаменти висотних будівель в складних ґрунтових умовах», В.Л. Підлуцький, І.П. Бойко;
- «Вплив крайових умов на перерозподіл зусиль у фундаментних конструкціях висотних будинків», В.Л. Підлуцький;
- «Особливості взаємодії пальових фундаментів під висотними будинками з їх основою», І.П. Бойко;
- «Finite element simulation of the loss

of stable resistance in a foundation-soil system», Boyko I.P;

Названі матеріали були досліджені в рамках виконання даної роботи.

МЕТА РОБОТИ

Виявити особливості формування НДС фундаментних конструкцій для різних варіантів завантаження основи при зведенні багатосекційного будинку. Для цього розглянуто дві принципові задачі:

Перша – врахування впливу конструктивної послідовності на формування напружень і деформацій;

Друга – виявлення впливу черговості зведення секцій, для різних варіантів зведення цих секцій.

ОСНОВНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ

Зазвичай, виходячи з практики проектування, формування розрахункової схеми виконується з моделюванням ґрунтового масиву за допомогою коефіцієнтів жорсткості основи, що імітують роботу ґрунту. Разом з цим в практиці застосовуються розрахунки схем без урахування взаємовпливу сусідніх будівель.

Дослідження впливу черговості будівництва та монтажу секцій об'єкту дасть змогу оцінити напружено-деформовану схему на всіх етапах будівництва, завдяки цьому зміни в поведінці схеми будуть зафіксовані на всіх заданих етапах будівництва.

Це можливо відтворити застосовуючи модель, в якій ґрунт основи представлений у вигляді об'ємних елементів, або такий що дає змогу відобразити взаємодію паль і ґрунтового масиву по глибині.

В якості традиційного методу розрахунку без урахування явища етапності буде виконана задача №1.

Порядок врахування етапності будівництва в задачах 2-4 виконується наступним чином :

- Для задачі №2 розрахунок секцій, по 5 поверхів в порядку С1-С2-С3 (Рис.1);
- Для задачі №3 розрахунок секцій, по 5 поверхів в порядку С1-С3-С2 (Рис.2);

- Для задачі №4 розрахунок секцій, з повним зведенням секцій в порядку С1-С2-С3 (Рис.3)

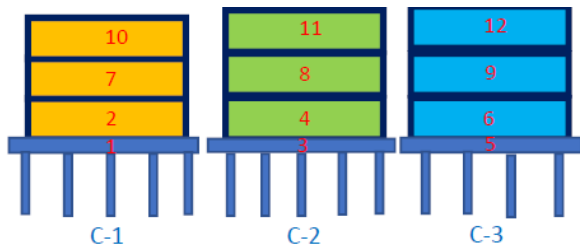


Рис.1.Етапність зведення для задачі №2.

Fig.1. Staged construction for task №2.

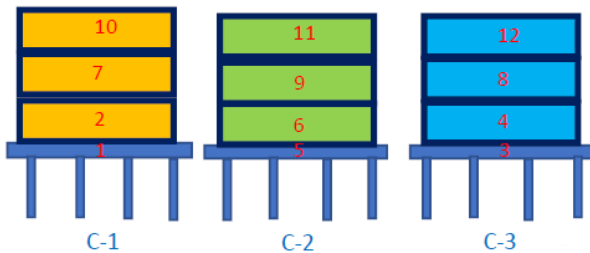


Рис.2.Етапність зведення для задачі №3.

Fig.2. Staged construction for task №3.

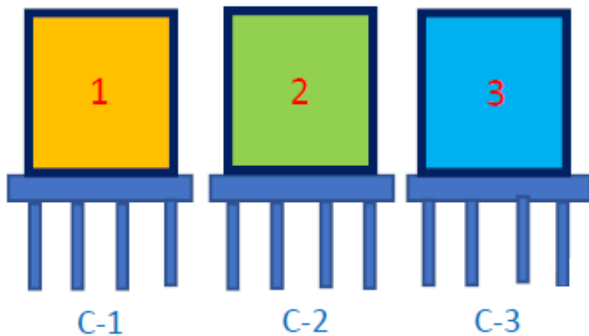


Рис.3.Етапність зведення для задачі №4.

Fig.3. Staged construction for task №4.

В даній роботі для моделювання взаємодії фундаменту з ґрунтовим масивом ґрунт моделюється в підпрограмі «Ґрунт», а елементи паль виконані конструктивним елементом KE-57, який включає в себе взаємодію паль з ґрунтом, без використання об'ємного ґрунтового масиву, що значно зменшує об'єм розрахункової схеми.

Інженерно-геологічні умови наведені на рис. 4 і представлені 19-ма інженерно-геологічними елементами (ІГЕ). Нормативні та розрахункові показники властивостей ґрунтів наведено в Табл. 1.

В основі підшви фундаментної плити залягають лесові просідаючі ґрунти, пред-

ставлені лесовидними супісками ІГЕ-2. Ґрунтові умови ділянки в залежності від проявлення просідання при замочуванні відносяться до І типу. Лесовидні супіски ІГЕ-4п – знаходяться у пластичному стані, і на момент вишукувань не мають просідних властивостей. Потужність просідної товщі складає ~ 0,8-3,5 метри.

У структурно-геоморфологічному відношенні територія будівництва знаходиться в межах верхньої частини правого берегу долини р. Дніпро. Ґрунти, що представляють геологічний характер території відносяться до флювіогляціальних відкладів, представлених пісками, супісками та суглинками із включенням текучих супісків та просідних супісків ІГЕ-2. Гідрогеологічні умови дослідної ділянки характеризуються відсутністю в розвіданій товщі до глибини 6,0 м постійного водоносного горизонту. Також простежуються зони підвищеної вологості та переходу ґрунтів до пластичного стану, що вказує на ознаки можливості утворення «верховодки». Утворення тимчасового водоносного горизонту свідчить про значну фільтраційну неоднорідність ґрунтів зони аерації.

Комплекс будівель являє собою три секції житлового будинку із влаштованим підземним паркінгом (Рис. 5). З конструктивної точки зору будівлі з неповним каркасом із безригельним перекриттям у вигляді монолітних плит товщиною 200 мм. Просторова жорсткість забезпечується колонами перерізом 350x350 мм, ядра жорсткості представлені ліфтовими та сходовими клітинами. Товщина залізобетонних стін складає 400 мм. Фундамент прийнятий пальовий, об'єднаний плитним ростверком. Палі запроектовані буронабивні, діаметром Ø620 мм, довжиною 19 м.

Модель складено в ПК «Сапфір», етапність зведення сформована в модулі «Монтаж», розрахункова схема імпортована в подальшому до ПК «Ліра-САПР». Для розрахунку фундаментних конструкцій з врахуванням ґрунтового масиву створеного в підпрограмі «Ґрунт», елементи паль виконуються у виді одновузлового конструктивного елементу KE-57.

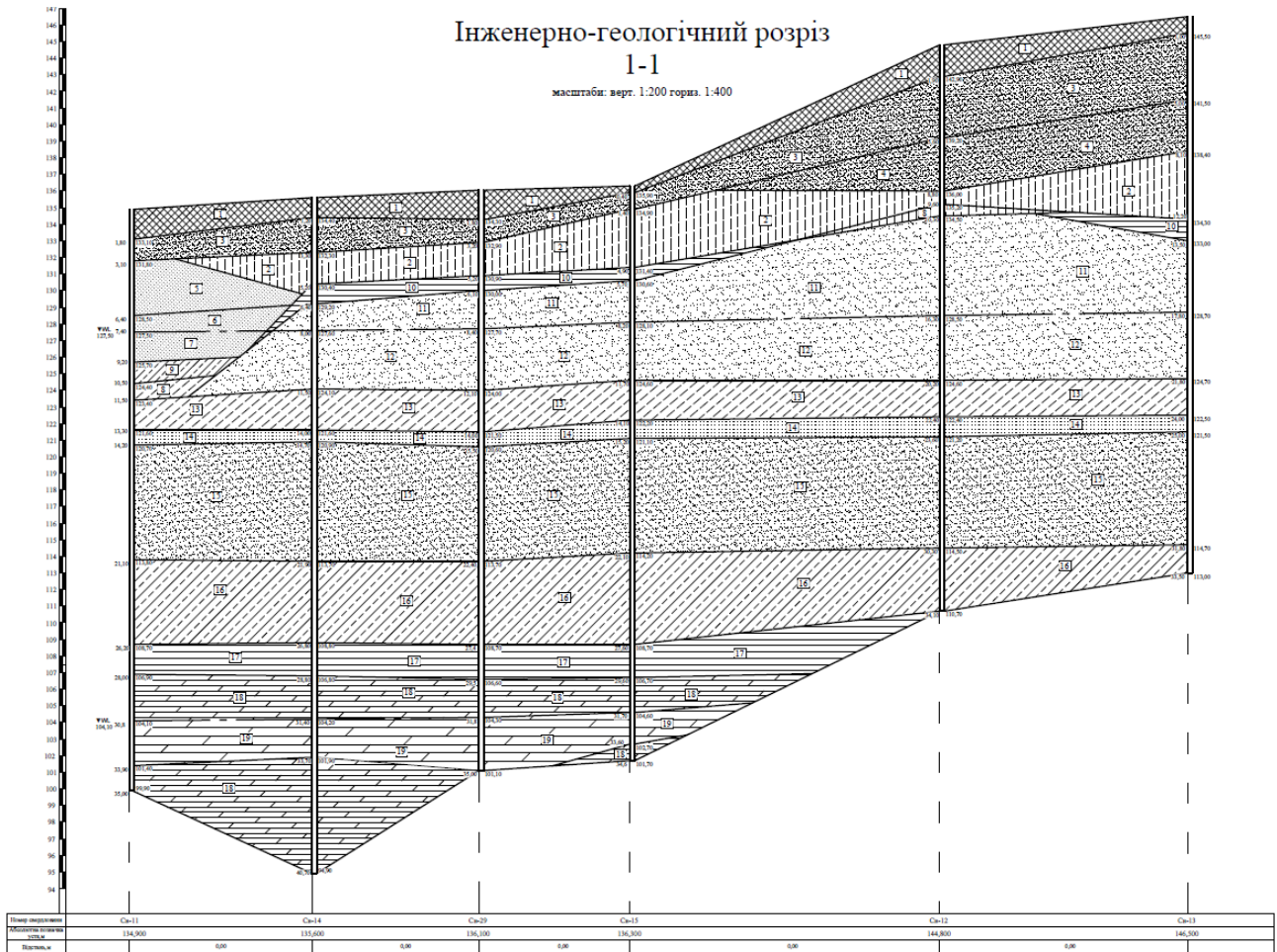


Рис.4 Інженерно-геологічний розріз майданчика будівництва.
Fig.4. Engineering-geological section of the construction site.

Табл.1. Показники фізико-механічних властивостей ґрунтів будівельного майданчика
Table 1. Indicators of physical and mechanical properties of the soils of the

№ІГЕ	Назва ґрунту	Нормативні											Розрахункові						Початковий тиск просідання	
		природна вологість	число пластичності	межа розрочування	межа текучості	показник текучості	коэф. пористості	ступінь вологості	щільність	щільність сухоґрунту	модуль деформації	питома зємність	кут внутрішнього тертя	Щільність						
														В природному стані ґрунту						кут зємності
(д.о.)	(д.о.)	(д.о.)	(д.о.)	(д.о.)	(д.о.)	(д.о.)	g/cm ³	g/cm ³	МПа	КПа	град.	g/cm ³	g/cm ³	КПа	КПа	град.	град.	КПа		
W	I _p	W _p	W _L	I _c	e	Sr	ρ _s	ρ _d	E	C	φ	ρ _т	ρ _н	C _t	C _н	φ _t	φ _н	R _п		
1	Насипний шар - пісок, супісок	0.03	-	-	-	-	0.681	0.126	1.64	1.59	9.4	-	30.1	1.64	1.56	-	-	30.1	28.6	-
2	Супісок просідний	0.20	4.00	0.18	4.18	0.41	0.704	0.82	1.91	1.57	12.76	11.92	22.38	1.91	1.81	11.92	11.32	22.38	21.26	0.3
3	Пісок пилуватий, маловологий, середньої щільності	0.1	-	-	-	-	0.633	0.403	1.78	1.63	29.70	4.34	30.70	1.78	1.69	4.34	4.12	30.70	29.17	-
4	Пісок пилуватий, маловологий, щільний	0.08	-	-	-	-	0.594	0.309	1.78	1.67	30	5.12	33.4	1.78	1.69	5.12	4.86	33.4	31.73	-
5	Пісок м'який, маловологий, середньої щільності	0.05	-	-	-	-	0.615	0.223	1.73	1.65	24	2.70	32.1	1.65	1.57	2.70	2.56	32.1	30.5	-
6	Пісок м'який, маловологий, щільний	0.06	-	-	-	-	0.539	0.29	1.83	1.73	42	4.22	35	1.73	1.64	4.22	4.00	35	33.25	-
7	Пісок м'який, насичений водою, щільний	0.20	-	-	-	-	0.565	0.989	2.06	1.7	48	3.70	35.5	2.06	1.96	3.70	3.52	35.5	33.73	-
8	Супісок текучої консистенції	0.21	3.00	0.17	3.17	1.37	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9	Суглинок	0.18	10.00	0.16	10.16	0.18	0.667	0.712	1.9	1.62	37.2	74	25.9	1.9	1.81	74	70.3	25.9	24.61	-
10	Глина строката	0.18	21.00	0.20	21.20	-0.09	0.718	0.686	1.87	1.58	37.4	74	26	1.87	1.78	74	70.3	26	24.7	-
11	Пісок пилуватий, маловологий, щільний	0.09	-	-	-	-	0.511	0.439	1.91	1.76	47.2	6.78	35.2	1.91	1.81	6.78	6.44	35.2	33.44	-
12	Пісок пилуватий, насичений водою, щільний	0.21	-	-	-	-	-	-	-	-	47.4	8.10	35.3	-	-	8.10	7.70	35.3	33.54	-
13	Супісок пластичний	0.25	6.00	0.21	0.27	0.71	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
14	Пісок середньої крупності, насичений водою, щільний	0.20	-	-	-	-	-	-	-	-	46.5	1.80	35.2	-	-	1.80	1.71	35.2	33.44	-
15	Пісок пилуватий, насичений водою, щільний	0.21	-	-	-	-	-	-	-	-	59.8	8.30	36.5	-	-	8.30	7.89	36.5	34.68	-
16	Суглинок (наглинок)	0.27	12.00	0.27	0.39	0.00	0.891	0.830	1.82	1.43	42	82	28	1.82	1.73	82	77.9	28	26.6	-
17	Глина (наглинок)	0.26	19.00	0.27	0.46	-0.09	0.812	0.856	1.88	1.5	42	82	28	1.88	1.79	82	77.9	28	26.6	-
18	Глина мергелиста	0.26	21.00	0.25	0.46	0.07	0.801	0.896	1.91	1.51	42	82	28	1.91	1.81	82	77.9	28	26.6	-
19	Суглинок мергелистий	0.26	12.00	0.25	0.37	0.03	0.815	0.867	1.88	1.49	42	82	28	1.88	1.79	82	77.9	28	26.6	-



Рис.5.Розрахункова схема будинку.
Fig.5. Sectional view of the house.

Монолітні залізобетонні плити перекриття з'єднані з монолітними залізобетонними колонами жорстко. Конструкція фундаменту – суцільна монолітна залізобетонна плита в ролі ростверку для буронабивних паль $\varnothing 620$ мм.

Несуча здатність паль визначена згідно методики ДБН В.2.1-10-2009 «Основи та фундаменти. Основні положення проектування» [3] за наступною формулою:

$$F_d = \gamma_c (\gamma_{CR} RA + u \Sigma \gamma_{cfi} h_i f_i), \quad (1)$$

де γ_c - коефіцієнт умов роботи палі в ґрунті; γ_c - коефіцієнт умов роботи ґрунту під нижнім кінцем палі; R - розрахунковий опір ґрунту під нижнім кінцем палі; A - площа обпирання палі на ґрунт; γ_{cfi} - коефіцієнт умов роботи ґрунту по бічній поверхні палі; u - зовнішній периметр поперечного перерізу палі; f_i - розрахунковий опір i -го шару ґрунту по бічній поверхні палі; h_i - товщина i -го шару ґрунту.

Пальове поле передбачено розташовувати по регулярній сітці. Просумувавши навантаження в ПК «Ліра-САПР» у відповідності до розрахункових сполучень навантажень для визначення найбільш несприятливих комбінацій, було визначено необхідну загальну кількість паль що складає $n=430$ шт з мінімальним кроком $L_{min}=l+d=1,62$ м.

Результати впливу черговості будівництва аналізуємо за наступними даними:

- Вертикальні переміщення в плиті ростверку;

- Додаткові зусилля, що виникають в палях;
- Зусилля, які виникають в плиті ростверку.

Аналізуючи результати розрахунку секцій з врахуванням поетапності зведення зазначено такі характерні особливості:

- Зміна характеру перерозподілу деформацій, що виникають в плиті ростверку, це спостерігається в явищі переміщення максимальних деформацій від зони ядра жорсткості секції до стику з наступною секцією, що прибудовувалася поблизу пізніше;
- Перерозподіл зусиль у палях, коли відслідковується закономірність збільшення навантаження в зоні стику секцій;
- Врахування поетапності зведення також впливає на концентрацію зусиль і збільшення тиску в зоні стику, що ми спостерігаємо у характерних зонах, що зображено в графічному аналізі розрахунків.

Першим етапом виконується схема в традиційному варіанті, без урахування поетапності зведення секцій, згідно результатів розрахунку зафіксуємо поведінку перерозподілу деформацій та зусиль на даній схемі для подальшого порівняння зі схемами, де буде врахований монтаж будівель (Рис. 7).

Порівнявши результати вертикальних деформацій, можна виділити характерні зони виникнення додаткових осідань залежно від послідовності завантажень:

- Зони ядер жорсткості;
- Зони стиків секцій;
- Периферійні зони;
- Внутрішні зони під будівлею.

Фіксація результатів розрахунків приймалася кратною в кожні 5 поверхів.

Порівнюючи величини деформацій в плиті ростверку задач №1 та №2, спостерігаємо, що різниця максимальних деформацій в міліметрах складає:

$$((21,3-6,62)/21,3) \times 100 = 68,9\% \quad (2)$$

Величина деформації в плиті при врахуванні етапності зведення, якщо брати до уваги максимальне значення, перевищує значення з задачі №1 (без врахування етап-

ності зведення) близько 4-ох разів.

Провівши порівняння наступних варіантів моделювання етапності зведення будівель з задачею №1:

- Різниця максимальних деформацій в задачах №1 та №3:

$$((24,3-6,62)/24,3) \times 100 = 72,75\% \quad (3)$$

- Різниця максимальних деформацій в задачах №1 та №4:

$$((28,2-6,62)/28,2) \times 100 = 76,5\% \quad (4)$$

Спостерігаємо значну зміну в вертикальних деформаціях (Рис.6), якщо зрівнювати варіанти врахування поетапності зведення з задачею без урахування даного явища.

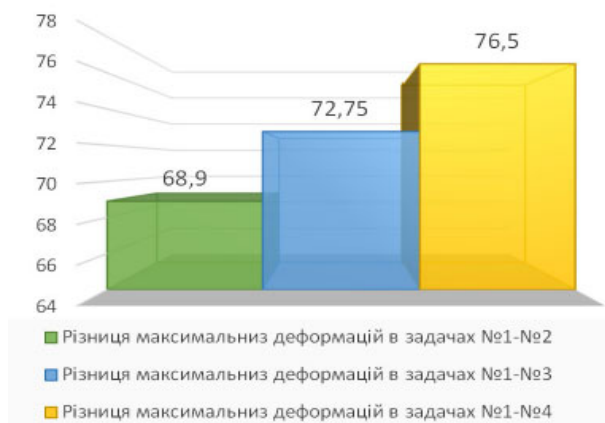


Рис.6. Різниця максимальних деформацій в порівнянні з задачею №1.

Fig.6. The difference of maximum deformations in comparison with the task №1.

Слід звернути увагу навіть не на величину значень деформації в плиті, а на зміну характеру деформацій, як вони переміщуються відповідно до різних варіантів етапності зведення до стиків секцій – відповідно в цих зонах збільшуються деформації ростверку. Можна припустити що дані точки концентрують в собі додатковий тиск, що виникає від привантаження на-ступною секцією будівництва.

Таким чином, зважаючи на дані показники, слід придати увагу даному методу, а саме врахуванню поетапності зведення суміжних будівель, так як він заслуговує бути

розглянутим при прийнятті рішень конструкторами.

Не менш важливим є перерозподіл зусиль в палях секційного будинку, який буде змінюватися в залежності від послідовності зведення секцій.

Найяскравіші результати проглядаються власне на стиках секцій будинків. Порівнявши значення зусиль в палях (Рис.13) за характерними зонами можна визначити як збільшуються зусилля в палях, що знаходяться поблизу стиків секцій (одиниці виміру тс.):

- Для задачі №1(Рис.8):
Різниця зусиль на стику С-1..С-2:
 $\Delta = ((64,5-61,3)/64,5) \times 100 = 4,96\%$
Різниця зусиль на стику С-2..С-3:
 $\Delta = ((48-47,3)/48) \times 100 = 1,45\%$
- Для задачі №2(Рис.9):
Різниця зусиль на стику С-1..С-2:
 $\Delta = ((73,7-42,3)/73,7) \times 100 = 42,61\%$
Різниця зусиль на стику С-2..С-3:
 $\Delta = ((49,1-29,5)/49,1) \times 100 = 39,92\%$
- Для задачі №3(Рис.10):
Різниця зусиль на стику С-1..С-2:
 $\Delta = ((80,35-47,3)/80,35) \times 100 = 41,13\%$
Різниця зусиль на стику С-2..С-3:
 $\Delta = ((53,3-46,9)/53,3) \times 100 = 12\%$
- Для задачі №4(Рис.11):
Різниця зусиль на стику С-1..С-2:
 $\Delta = ((96,6-38,1)/96,6) \times 100 = 60,6\%$
Різниця зусиль на стику С-2..С-3:
 $\Delta = ((59,6-29,7)/59,6) \times 100 = 50,2\%$

Згідно результатам можна дійти висновку, що етапність будівництва значною мірою впливає на перерозподіл зусиль в палях, особливо у зонах стикування секцій, де яскраво виражене явище впливу нової секції на цілком або частково зведену.

Також помічаємо, що врахування явища етапності відображає значення зусиль в палях більші, ніж в варіанті без урахування даного явища. Можна припустити, що в варіанті постановки задачі без урахування етапності робота паль модельюється як для паль внутрішньої зони будівлі, без врахування явища її трьохсекційності.

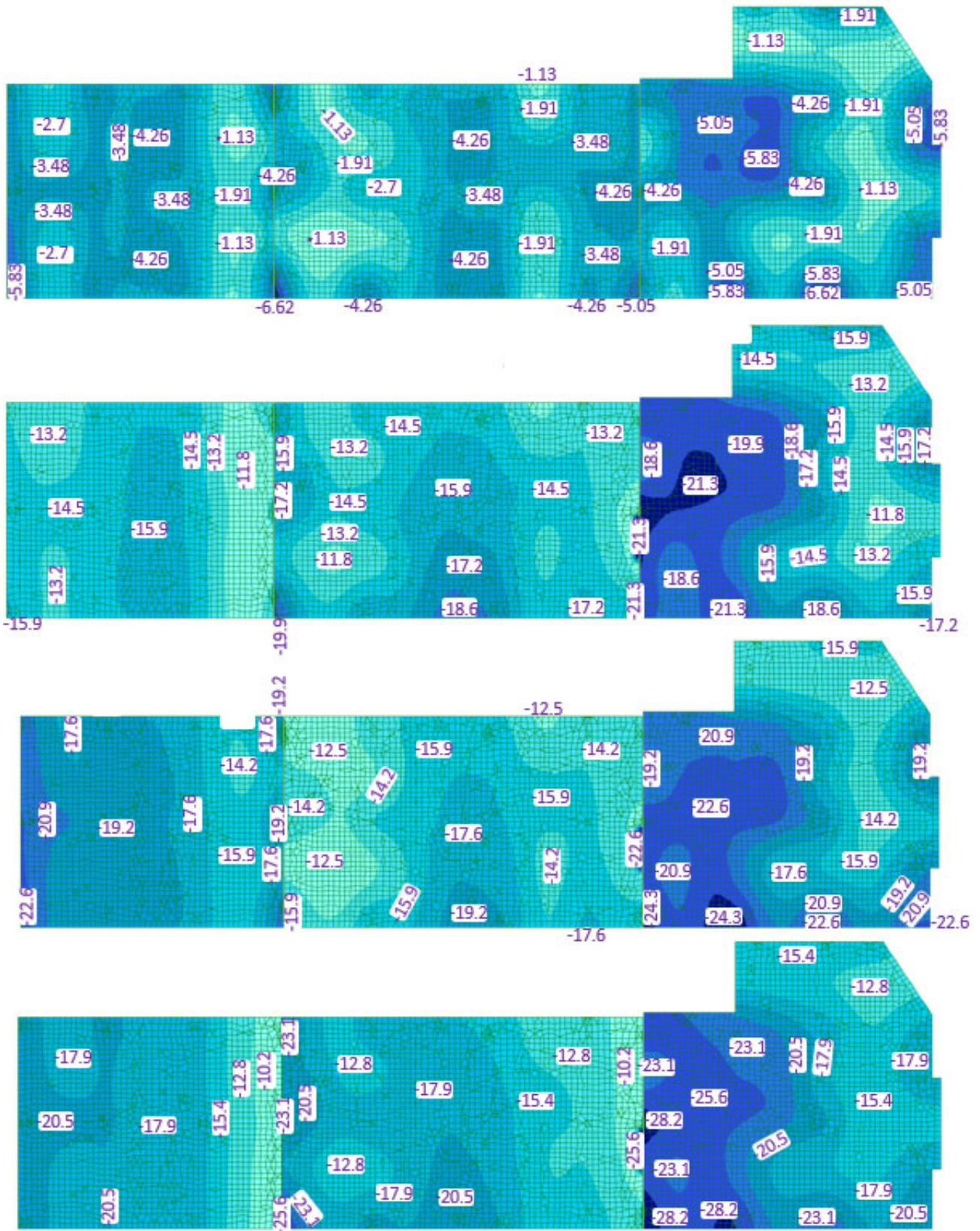


Рис.7. Порівняння результатів вертикальних деформацій. В порядку зверху-вниз: задача 1, задача 2, задача 3, задача 4.

Fig.7. Comparison of the results of vertical deformations. In order from top to bottom: task 1, task 2, task 3, task 4.



Рис.8. Порівняння значень зусиль на стиках секцій для задачі 1.

Fig.8. Comparison of effort values at the joints of sections for task 1.

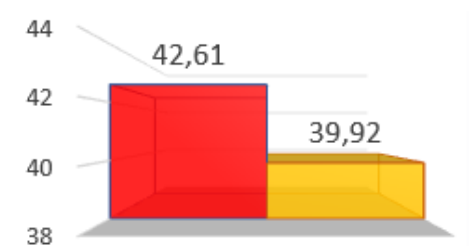


Рис.9. Порівняння значень зусиль на стиках секцій для задачі 2.

Fig.9. Comparison of effort values at the joints of sections for task 2.

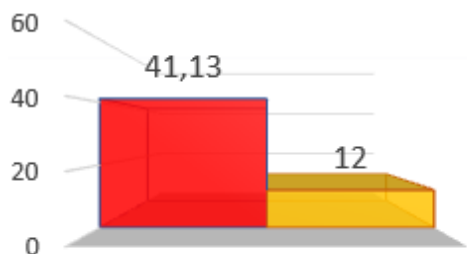


Рис.10. Порівняння значень зусиль на стиках секцій для задачі 3.

Fig.10. Comparison of effort values at the joints of sections for task 3.

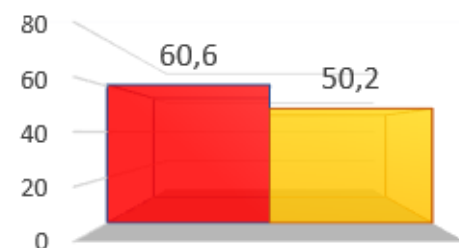


Рис.11. Порівняння значень зусиль на стиках секцій для задачі 4.

Fig.11. Comparison of effort values at the joints of sections for task 4.

Відповідно, в задачах з моделюванням етапності зведення секцій, дані палі вже враховувалися в роботі як периферійні палі окремих секцій, а не цілої будівлі. Лиш вже після прибудування наступної секції робота паль змінювалася як для внутрішніх паль комплексу (Рис.12).

Для закріплення теорії про зміну деформацій, які виникають при поетапному зведенні секцій, порівняємо результати деформації однієї зведеної секції та цілого комплексу після виконання прибудови наступних секцій (Рис.14).

Аналіз виконано в трьох етапах:

1. Зведена секція С-1;
2. Монтаж фундаменту наступної секції поруч з секцією С-1;
3. Зведення комплексу з 3-х секцій, та фіксація результатів.

Спостерігаємо закономірність, що характер деформацій такий – найбільші значення виникають біля стику секцій будинків в зоні елементів з найбільшою жорсткістю. Відповідно, якщо брати до уваги одиничну будівлю, максимальні деформації якої виникають в зоні ядра жорсткості, то при поетапному зведенні сусідніх будівель деформації зміщуються до місця збільшення тиску, а саме – на стиках секцій. Відповідно, неврахування даного явища може призвести до некоректного прогнозування напружено-деформованого стану системи «основа-фундамент-надземні конструкції».

ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

Досліджено, що врахування етапності будівництва суміжних висотних секційних будинків дає змогу отримати напружено-деформований стан системи «основа-фундамент-надземні конструкції» та оцінити їх взаємовплив. Показано, що при врахуванні черговості зведення суміжних будівель змінюються деформації в конструкції ростверку. Різниця в деформаціях між схемою без врахування етапності зведення та з урахуванням даного явища складає 69-77% залежно від постановки задач.

Враховуючи взаємний вплив суміжних секцій, які прибудовуються до вже зведеної, виявлено перерозподіл зусиль у палях існуючої секції. Відповідно, навантажуються палі, що знаходяться поблизу стику секцій існуючої та тієї, яка зводиться. Збільшення зусиль складає 39-60% в залежності від постановки задач. Виявлено явище зменшення зусиль до 40% в кутових палях секції, що розміщені зі сторони стику з наступною секцією. Дане явище аргументується зміною роботи паль, так як після зведення суміжної секції дані палі враховуються як периферійні для комплексу будів-

вель, а не як крайові для окремої будівлі.

Підтверджено, що неврахування етапності зведення суміжних секцій висотних будинків призведе до неврахування важливих факторів, а саме збільшення деформацій в конструкціях фундаменту та збільшення зусиль в конструкціях пальового фундаменту в зонах, де дані зміни не очікуються, якщо брати до уваги розрахунок без врахування явища етапності зведення.

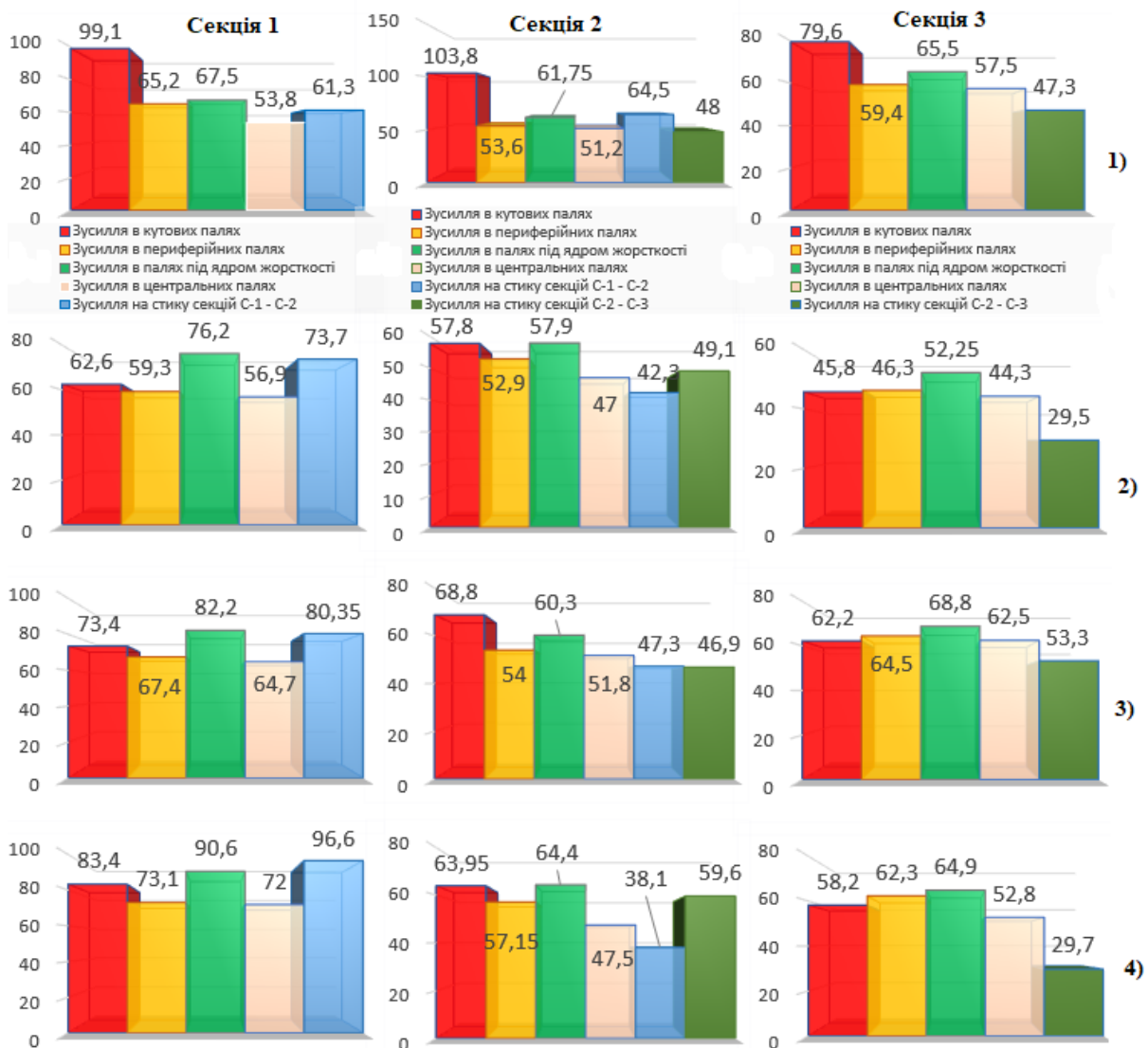


Рис.12. Перерозподіл зусиль у палях при різних постановках задач, тс.
Fig.12. Redistribution of efforts in piles at various statement of problems, t.

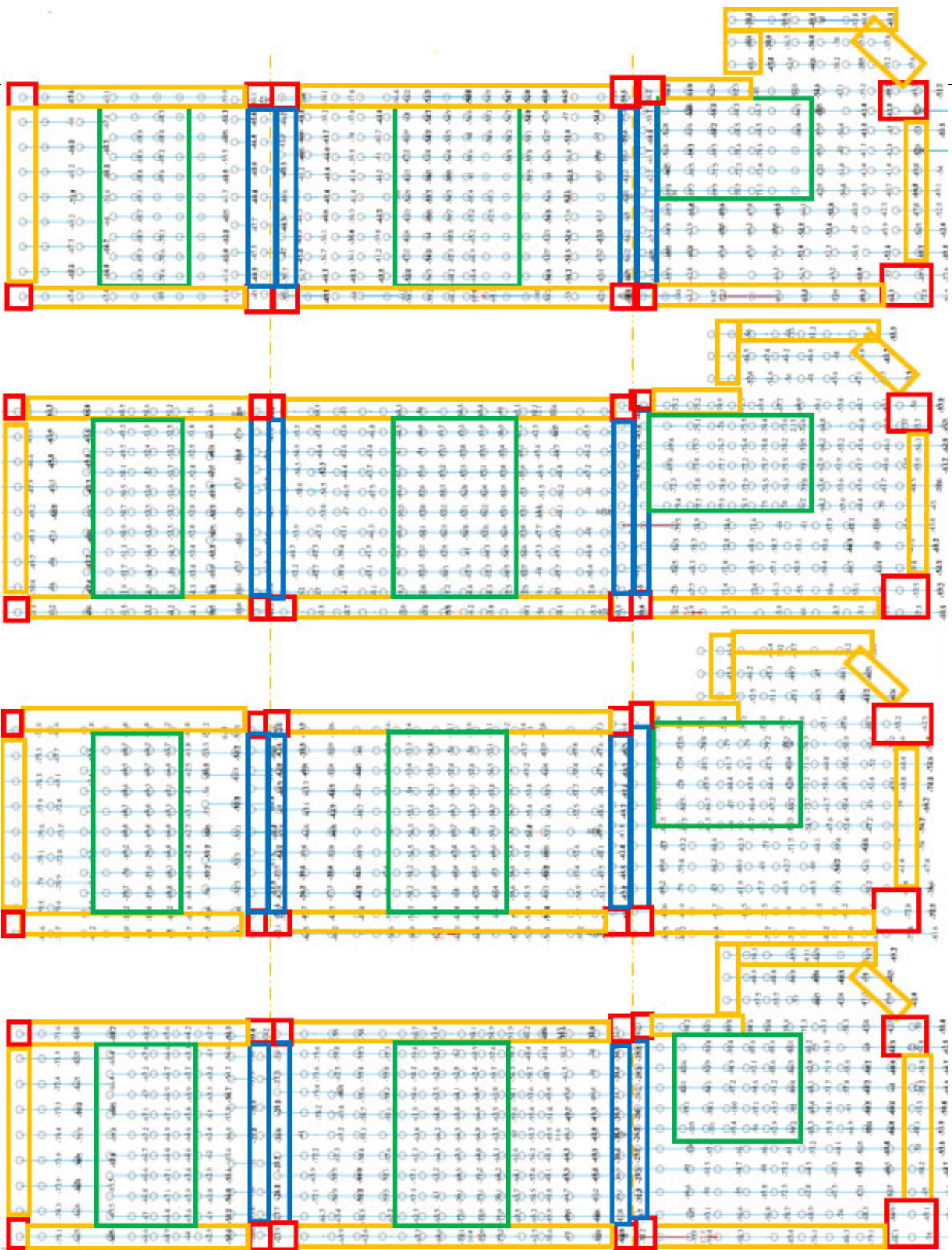


Рис.13. Порівняння результатів перерозподілу зусиль в палях.
В порядку зверху вниз: задача 1, задача 2, задача 3, задача 4.

Fig.13. Comparison of the results of redistribution of forces in the piles.
In the order from top to bottom: task 1, task 2, task 3, task 4.

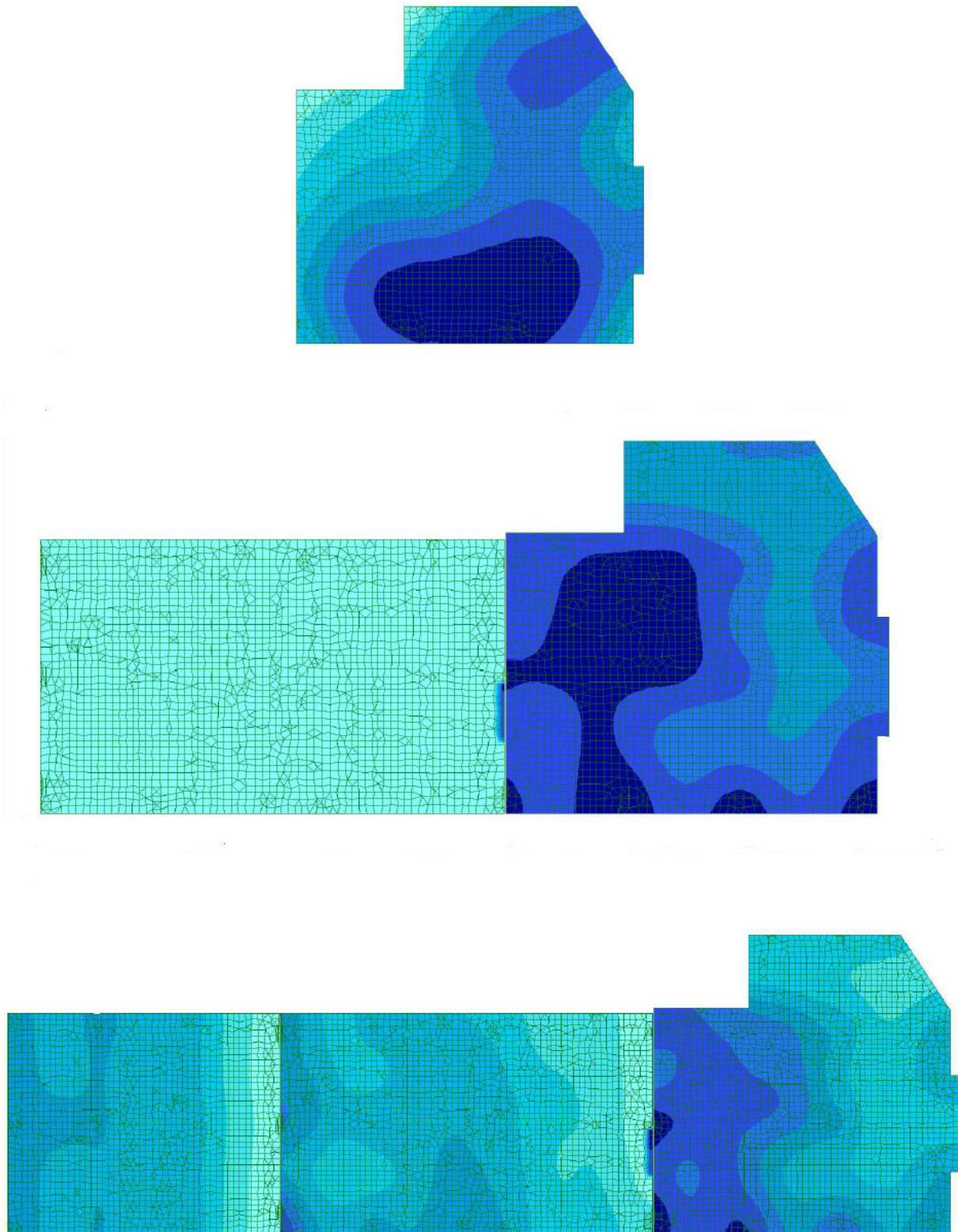


Рис.14. Порівняння деформацій плити (мм) розвертку Секції С-1 на трьох стадіях: одиночного зведення, прибудови сусідньої секції, розбудови комплексу

Fig.14. Comparison of deformations of a plate (mm) of a grid of Section C-1 at three stages: single erection, extensions of the next section, development of a complex.

ЛІТЕРАТУРА

1. Бойко І.П. Особливості взаємодії пальових фундаментів під висотними будинками з їх основою. / І.П.Бойко // *Основи і фундаменти: Міжвідомчий науково-технічний збірник*. – К.: КНУБА. – 2006. – Вип. 30. – С. 3-8.
2. Носенко В.С. Напружено-деформований стан пальово-плитних фундаментів секційних висотних будинків: дис. ... канд. техн. наук: 05.23.02 / Носенко Віктор Сергійович. – К.: КНУБА, 2012. – 175с.
3. Основи та фундаменти будівель і споруд ДБН В.2.1.-10:2018 – [Чинний від 2019–01–01]. – К.: Мінрегіонбуд України, 2018. – 36с.
4. Підлущкий В.Л. Взаємодія фундаментної плити з палями різної довжини з ґрунтовою багат шаровою основою: дис. ... канд. техн. наук: 05.23.02 / Підлущкий Василь Леонідович. – К.: КНУБА, 2013. – 230с.
5. Підлущкий В.Л. Вплив крайових умов на перерозподіл зусиль у фундаментних конструкціях висотних будинків. / В.Л. Підлущкий // *Збірник наукових праць. Серія: Галузеве машинобудування, будівництво*. – Полтава: ПолтНТУ. – 2015. – № 2(44). – С.177 – 185.
6. Підлущкий В.Л. Пальові фундаменти висотних будівель в складних ґрунтових умовах / В.Л. Підлущкий, І.П. Бойко // *Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури*. – Дніпропетровськ, ДВНЗ ПДАБА, - 2014. - №8. – С.23-32.
7. Носенко В.С. Особливості проектування фундаментів суміжних висотних споруд / В.С. Носенко // *Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві: Науково-технічний збірник*. – Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця. – 2009. – №1(6). – С.44-47.
8. Boyko I.P. Finite element simulation of the loss of stable resistance in a foundation-soil system / I.P. Boyko, V.S. Boyandin, A.E. Delnik, A.L. Kozak, A.S. Sakharov // *Archive of Applied Mechanics* - № 62. – 1992. – p. 316-328.
- Ukrainian).
2. Nosenko V.S. (2012). Napruzhenodeformovanyj stan paljovo-plytnykh fundamentiv sekcijnykh vysotnykh budynkiv [Stress-strain state of plate-pile foundations of sectional high-rise buildings]. Dys. kand. tekhn. nauk: 05.23.02. Kyiv: KNUBA, 175 (in Ukrainian).
3. Osnovy ta fundamenti budivel' i sporud: DBN V.2.1.-10:2018. (2018) - [Chynnyy vid 2019-01-01]. - Kyiv: Minrehionbud Ukrayiny, 36 (in Ukrainian).
4. Pidlutskyi V.L. (2013). Vzayemodiya fundamentnoyi plyty z palyamy riznoyi dovzhyny z gruntovoyu bagatosharovoyu osnovoyu [Interaction of a base plate with piles of different lengths with a soil multilayer basis]. Dys. kand. tekhn. nauk: 05.23.02. Kyiv: KNUBA, 230 (in Ukrainian).
5. Pidlutskyi V.L. (2015). Vplyv kraiovykh umov na pererozpodil zusyly u fundamentnykh konstruktssiiakh vysotnykh budynkiv [The influence of boundary conditions on the redistribution of efforts in the foundation structures of high-rise buildings]. Zbirnyk naukovykh prats. Seriya: Haluzeve mashynobuduvannya, budivnytstvo. Poltava: PoltNTU, 2 (44), 177-185 (in Ukrainian).
6. Pidlutskyi V.L., Boyko I.P. (2014) Palovi fundamenti vysotnykh budivel v skladnykh hruntovykh umovakh [Pile foundations of high-rise buildings in difficult soil conditions]. *Visnyk Prydniprovskoi derzhavnoi akademii budivnytstva ta arkhitektury*. Dnipropetrovsk, DVNZ PDABA, 8, 23-32 (in Ukrainian).
7. Nosenko V.S. (2009). Osoblyvosti proektuvannya fundamentiv sumizhnykh vysotnykh sporud [Features of designing the foundations of adjacent high-rise buildings]. *Suchasni tekhnolohii, materialy i konstruktssii v budivnytstvi: Naukovo-tekhnichniy zbirnyk*. Vinnytsia: UNIVERSUM-Vinnytsia, 1(6), 44-47 (in Ukrainian).
8. Boyko I.P., Boyandin V.S., Delnik A.E., Kozak A.L., Sakharov A.S. (1992). Finite element simulation of the loss of stable resistance in a foundation-soil system. *Archive of Applied Mechanics*, 62, 316-328.

REFERENCES

1. Boyko I.P. (2006). Osoblyvosti vzaiemodii palovykh fundamentiv pid vysotnymy budynkamy z yikh osnovoju [Features of the interaction of pile foundations under high-rise buildings with their foundation]. *Osnovy i fundamenti: Mizhvidomchyj naukovo-tekhnichniy zbirnyk*. Kyiv: KNUBA, 30, 3-8 (in

Influence of the sequence of erection of buildings on the formation of the stress-strain state of the system «base-foundation-overhead structures»

*Liudmyla Skochko,
Artem Shabaltun*

Summary. The influence of the order of construction of houses on the formation of the stress-strain state of the system "foundation-foundation-above-ground structures" is investigated

For this purpose, several options for setting tasks for the phased construction of multi-section building sections are considered.

With this in mind, it should be noted that the construction of each subsequent section has an impact on the built entirely or partially adjacent section. That is why this effect should be investigated to predict how serious this impact may be, and to draw appropriate constructive decisions.

Thus, the main objectives of the study are:

1. Creation of SEM without taking into account the stages of construction of the house;
2. Calculation of a house with a phased loading of 5 floors. Taking into account changes in the order of construction of sections;
3. Formation of SEM taking into account the sequence of erection of sections without including the sequence of erection of floors within the boundaries of the current section;
4. Research of the impact of the calculation of sections of a multi-section building without and taking into account the summary of subsequent sections.

The research of the impact of the sequence of construction and installation of the object will allow us to assess the stress-strain scheme at all stages of construction, so changes in the behavior of the scheme will be recorded at all stages of construction specified by the designers. To do this, the change in the stress-strain state (VAT) of the system "foundation - foundations - above-ground structures" must be modeled with different options for stages of construction, taking into account the real parameters of the soil base and so on.

The interaction of piles in different zones of sections, the work of grids in the foundations of high-rise buildings are considered. The research was carried out with the help of numerical modeling of the system "foundation - foundations - aboveground constructions". The redistribution of forces in the piles depending on the formulation of problems on the stages of construction of sections and design parameters (location of piles in charac-

teristic zones, the influence of the stiffness of the aboveground part on the redistribution of forces). Characteristic zones in the foundation are distinguished: they are central, lateral, angular and especially at the joints of adjacent sections. The redistribution of efforts between piles and a grid is revealed.

Key words. Pile foundation, sectional building, phased construction, installation, numerical modeling, high-rise building.