

Оцінка впливу висотного будинку на напружено-деформований стан основи та конструкцій існуючих будівель в умовах щільної забудови

Віктор Носенко¹, Людмила Бондарева², Максим Хоронжевський³, Остап Кашоїда⁴

Київський національний університет будівництва і архітектури
31, просп. Повітрофлотський, Київ, Україна, 03037,

¹v.s.nosenko@gmail.com, orcid.org/ 0000-0002-8261-1846

²milabondareva@gmail.com, orcid.org/0000-0001-7392-814X

³khronzhevskiy.ubp@gmail.com, orcid.org/0000-0001-5797-7304

⁴o.o.kashoida@gmail.com, orcid.org/0000-0002-9234-4489

DOI: 10.32347/0475-1132.47.2023.49-60

Анотація. Однією з найбільш актуальних проблем сучасного містобудування є поступове зменшення територій придатних для будівництва, особливо, в межах історичних районів міст. Це спонукає забудовників все частіше освоювати ділянки в складних інженерно-геологічних умовах які ще й доволі часто знаходяться в межах щільної забудови.

На сьогоднішній день, будівництво багатофункціональних житлових комплексів поєднує в собі як зведення висотних житлових секцій так і будівель комерційної нерухомості з багаторівневими паркінгами що доволі часто розташовуються в безпосередній близькості одна до одної. Нерідко послідовність зведення цих будівель розтягується в часі на роки, а то й десятиліття, як то через несприятливий економічний клімат чи нестабільність політичної ситуації в країні, що призводить до введення в експлуатацію лише окремих черг будівництва. Подальше відновлення будівельних робіт вимагає врахування взаємовпливу нового будівництва та виконання спостережень за вже зведеними раніше будівлями під час будівництва нових споруд.

Виконання глибоких котлованів на етапі влаштування фундаментів нових будівель, а також значна вага висотних будинків зумовлює зміну напружено-деформованого стану навколишнього ґрунтового масиву, тому перед проектувальниками постає задача у визначенні впливу такого будівництва на оточуючу забудову.

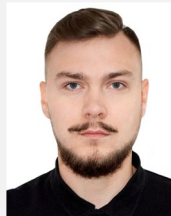
В даній роботі представлено результати дослідження зміни напружено-деформованого стану несучих конструкцій та фундаментів



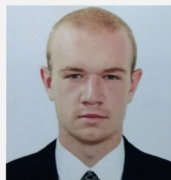
Віктор Носенко
завідувач кафедри
геотехніки
к.т.н., доцент



Людмила Бондарева
доцент кафедри
геотехніки
к.т.н.



Максим Хоронжевський
аспірант кафедри
геотехніки



Остап Кашоїда
PhD
асистент кафедри
геотехніки

існуючої будівлі при врахуванні взаємовпливу суміжної висотної секції житлового комплексу.

Розрахунки виконані у двох незалежних програмних комплексах Plaxis 3D та ЛІРА-САПР, в просторовій постановці задач, для комплексної оцінки НДС системи «ґрунтова основа-фундамент-надземні конструкції».

Визначено зону впливу нового будівництва на оточуючу забудову, величини та характер додаткових осідань ростверків суміжних споруд.

Показано закономірності зміни розрахункових зусиль в палях, що засвідчують зменшення поздовжніх зусиль в палях до двох разів на межі стикування з фундаментами новобудови та збільшення навантаження на палі центральної зони до 17%. Отримані результати показують тенденцію перерозподілу напружень в ростверку, а також в несучих вертикальних конструкціях нижнього поверху існуючої будівлі.

Ключові слова: напружено-деформований стан, існуюча будівля, пальовий фундамент, нелінійна модель ґрунтової основи, числове моделювання.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

Питання взаємного впливу сусідніх будівель багатосекційних комплексів, особливо, в умовах довготривалих пауз будівельного процесу, є досить важливим, оскільки вимагає врахування зміни напружено-деформованого стану (НДС) основи та конструкцій вже зведених раніше споруд. Його ігнорування може призвести до розвитку додаткових деформацій ґрунтової основи та конструкцій, виникнення граничних зусиль в несучих елементах будівлі або перерозподілу напружень між елементами каркасу, які не були передбачені попередніми розрахунками, наслідком чого, може бути порушення нормальних умов експлуатації цих будівель.

Діючі нормативні документи [1] рекомендують використовувати аналітичний метод кутових точок, для оцінки взаємного впливу споруд, однак у випадку складної конфігурації будівель, різної глибини закладання фундаментів та врахуванні реології і нелінійної механіки ґрунтів він є малоефективним або практично неможливим.

Вирішення такого роду задач можливо шляхом взаємного розрахунку будівель як просторової системи “ґрунтова основа – фундаменти – надземні конструкції”, що дозволяє максимально наближено врахувати геометричне розташування будинків, особливості їх зведення та експлуатації, нашарування ґрунтових умов та їх властивості.

АНАЛІЗ ПОПЕРЕДНІХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Дослідженню питання формування напружено-деформованого стану в умовах щільної забудови або прибудови суміжних споруд присвячено чимало робіт, зокрема [2-4]. Насамперед, в них наголошується, що при проектуванні в таких умовах необхідно враховувати взаємовплив сусідніх будівель, при цьому розрахунок відповідальних споруд потрібно виконувати як системи “ґрунтова основа – фундамент – надземні конструкції”, що на практиці неможливо реалізувати за допомогою традиційних аналітичних методів, тому на допомогу приходять – числове моделювання. Такі розрахунки, повинні максимально наближати скінченно-елементі моделі до реальних умов будівництва та експлуатації споруд, враховувати послідовність зведення будівель та прикладання навантаження в часі, стратиграфію геологічної будови та взаємодію з огорожуваними конструкціями.

МЕТА РОБОТИ

Дослідити зміну напружено-деформованого стану ґрунтової основи та конструкцій існуючої будівлі внаслідок прибудови висотної житлової секції комплексу.

ОСНОВНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ

Ділянка будівництва на основі якого виконано дослідження знаходиться в м. Київ на правому березі р. Дніпро і в минулому була розрізана значною сіткою ярів та балок, що обумовлює її складний рельєф. Будівельний майданчик має значний ухил на північний-схід із загальним перепадом абсолютних відміток поверхні в межах 157,0 – 168,0м, і знаходиться в зоні щільної забудови житловими і адміністративними будівлями, межує з підземними паркінгами житлових будинків.

З південно-західної сторони майданчика будівництва влаштовано дворівневу систему підпірних стін з буронабивних паль діаметром Ø620мм та Ø1020мм, яка забезпечує утримання ґрунтового масиву зі одного

боку майданчику. Палі підпірної стіни розташовані в два ряди і пов'язано між собою загальним ростверком, на якому додатково влаштовано контрфорси. Поміж тим, на майданчику в минулому був влаштований котлован та було розпочато будівництво цокольних поверхів, залишки яких знаходяться на ділянці і досі, а їх ростверк, за проектним рішенням, вирішено включити до складу пальового фундаменту новобудови.

Об'єкт будівництва – висотна житлова секція багатофункціонального комплексу зі стилістичною частиною в якій розташовуються багаторівневий підземний паркінг та інженерні і комерційні приміщення. Конструктивна схема будівлі – монолітний залізобетонний безригельний каркас з ядрами жорсткості (стіни сходово-ліфтового вузла) та стінам. Крок вертикальних елементів каркасу – нерегулярний, змінюється в залежності від поверху, згідно з архітектурно-планувальними рішеннями. За проектним рішенням, фундамент новобудови представлений пальовим фундаментом зі ступінчастим ростверком різної товщини із загальним перепадом до 4,7м, який об'єднує існуючі палі діаметром $\varnothing 620\text{мм}$, довжиною 27м (що були виконані за попереднім проектом) та нові бурові палі діаметром $\varnothing 820\text{мм}$, довжиною 24м та 22м на абсолютній відмітці низу 133,30м. Існуюча житлова будівля має 27 надземних та 6 підземних поверхів, виконана за каркасно-монолітною схемою та розташована на пальовому фундаменті з паль

діаметром $\varnothing 620\text{мм}$, довжиною 27м та 22м, які об'єднані плитним ростверком товщиною 1800мм, який частково повторює перепад початкового рельєфу на ділянці.



Рис.1 Схема ділянки будівництва
Fig.1. Scheme of the construction site.

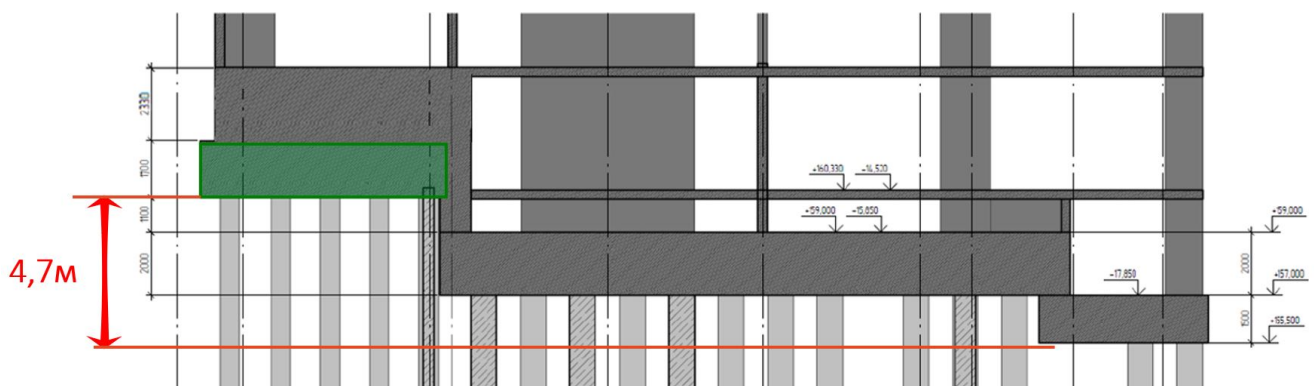


Рис.2 Поперечний розріз ростверку новобудови
Fig.2. Cross-section of the foundation for new building.

Стилобатна частина в якій розташовано паркінг має часткове заглиблення, фундаменти споруди пальові, об'єднані окремими ростверками товщиною 1200мм. Стикування існуючої будівлі та новобудови реалізовано шляхом влаштуванням деформаційного шва, відстань між ростверками будівель становить 100мм.

Поміж тим, поряд з будівельним майданчиком розташовано дві існуючі малоповерхові цегляні будівлі на фундаментах неглибокого закладання, що були побудовані в середині минулого століття і за період своєї експлуатації зазнали пошкоджень, пов'язаних з деформаційними процесами ґрунтів та фундаментів цих будівель, які визначають їх стан як непридатний для нормальної експлуатації.

В межах розвіданої товщі на глибину до 60м, геологічна будова ділянки сформована комплексом четвертинних відкладів, які підстиляються породами неогенового та палеогенового періодів. Повне найменування ґрунтів та їх фізико-механічні характеристики в умовах природнього залягання, що були визначено за результатами інженерно-геологічних вишукувань наведено в табл.1, а нашарування ґрунтів в напрямку перепаду рельєфу показано на рис. 3.

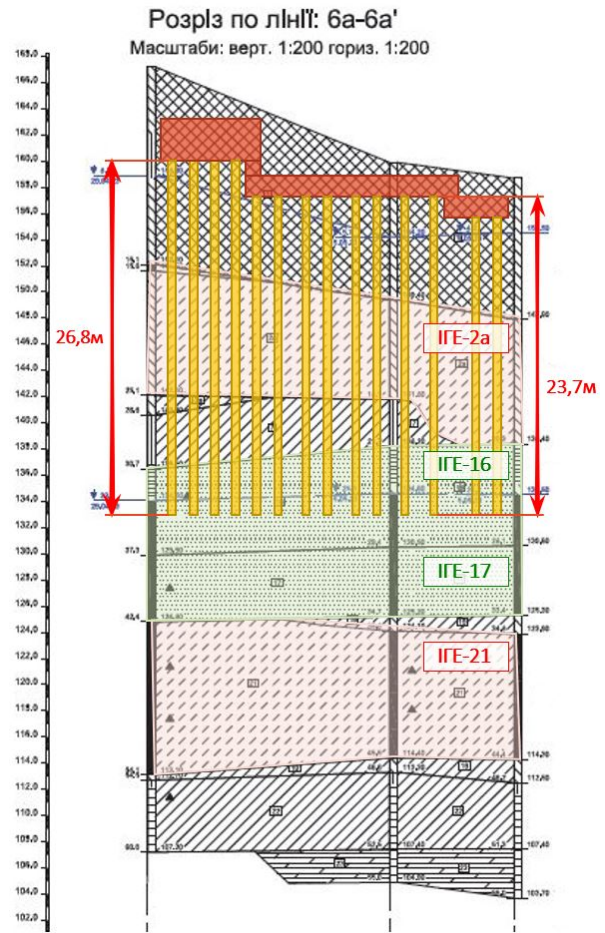


Рис.3 Інженерно-геологічний розріз будівельного майданчика в напрямку перепаду рельєфу

Fig.3. Geological cross-section in dip direction for construction site.

Табл. 1. Фізико-механічні властивості ґрунтів
Table 1. Physical and mechanical soil parameters

Номер ІГЕ	Назва ґрунту (номенклатурна)	Питома вага	Природна вологість	Число пластичності	Вологість на межі розкошування	Показник текучості	Коефіцієнт пористості	Питома зчеплення	Кут внутрішнього тертя	Модуль деформації	коефіцієнт Пуассона
		γ	W	I_p	W_p	I_L	e	c	ϕ	E	ν
		кН/м ³	(д.о.)	(д.о.)	(д.о.)	(д.о.)	(д.о.)	кПа	град	МПа	(д.о.)
Н	Насипний ґрунт - пісок, супісок з включенням будівельного сміття	16.87					0.75	8	20	8	0.3
2а	Супісок пластичний та текучий	19.23	0.216	0.07	0.14	0.66	0.66	16	24	11	0.35
3а	Суглинок м'якопластичний	20.31	0.22	0.09	0.16	0.67	0.63	24	20	12	0.37
4	Пісок дрібний	19.23	0.211	-	-	-	0.64	0.7	30	27	0.3
5а	Супісок лесовидний, пластичний	17.36	0.191	0.07	0.16	0.44	0.79	18	22	9	0.35
7	Суглинок тугопластичний	19.23	0.206	0.1	0.16	0.46	0.66	38	16	17	0.37
16	Пісок дрібний, пілуватий, щільний	17.27	0.046	-	-	-	0.58	1	32	57	0.3
16*	Пісок дрібний, пілуватий, щільний (водонасичений)	20.11	0.219	-	-	-	0.58	1	32	57	0.3
17	Пісок пілуватий, дрібний, щільний	20.31	0.22	-	-	-	0.57	1	32	58	0.3
19	Суглинок м'якопластичний	19.62	0.249	0.09	0.19	0.66	0.7	59	27	29	0.37
21	Супісок пластичний та текучий	20.50	0.215	0.04	0.18	0.88	0.58	24	25	33	0.35
22	Суглинок (наглинок) тугопластичний та напівтвердий	19.33	0.249	0.14	0.26	-0.07	0.71	75	25	37	0.37
23	Глина мергельна, напівтверда	19.33	0.259	0.22	0.25	0.04	0.74	124	27	47	0.31

Згідно результатів вишукування, верхня частина будови сформована шаром насипних ґрунтів, що в минулому було використано для перепланування рельєфу, також будова характеризується наявністю слабких ґрунтів, представлених текучими супісками (ІГЕ-2а). Під ними залягають дрібні щільні "полтавські" піски (ІГЕ-16, ІГЕ-17), які є основи для палів нижче в стисненій зоні фундаментів залягають супіски пластичні та текучі (ІГЕ-21).

Гідрогеологічні умови ділянки характеризуються наявністю двох водоносних горизонтів, що зафіксовані в межах абсолютних відміток 152,2 -162,0м та абсолютних відміток 133,1 -134,9м.

ЧИСЛОВА МОДЕЛЬ

Для вирішення поставленої задачі виконано два незалежні розрахунки споруд як системи «основа – фундамент – надземні конструкції» у програмних комплексах

Plaxis 3D та ЛІРА-САПР, що дозволяє виконати ефективний аналіз НДС, опираючись на особливості розрахункового апарату кожного з них.

Орієнтованість ПК Plaxis 3D на геотехнічні розрахунки дозволяє, з високою точністю відобразити особливості ґрунтових умов ділянки будівництва та встановити взаємодію будівель з ґрунтовим масивом, конструкціями огородження котлованів та оточуючими спорудами.

Методами числового моделювання створено тривимірну скінчено-елементну модель існуючих будівель та новобудови з ґрунтовим масивом, яка враховує геометричне розташування конструкцій будівель, рельєф та нашарування ґрунтових умов. Розміри скінчено-елементної моделі становлять 180x165x74м, а на її межах накладено відповідні граничні умови виходячи з критерія збіжності результатів розрахунку не більше 2% при поступовому збільшенні розмірів моделі.

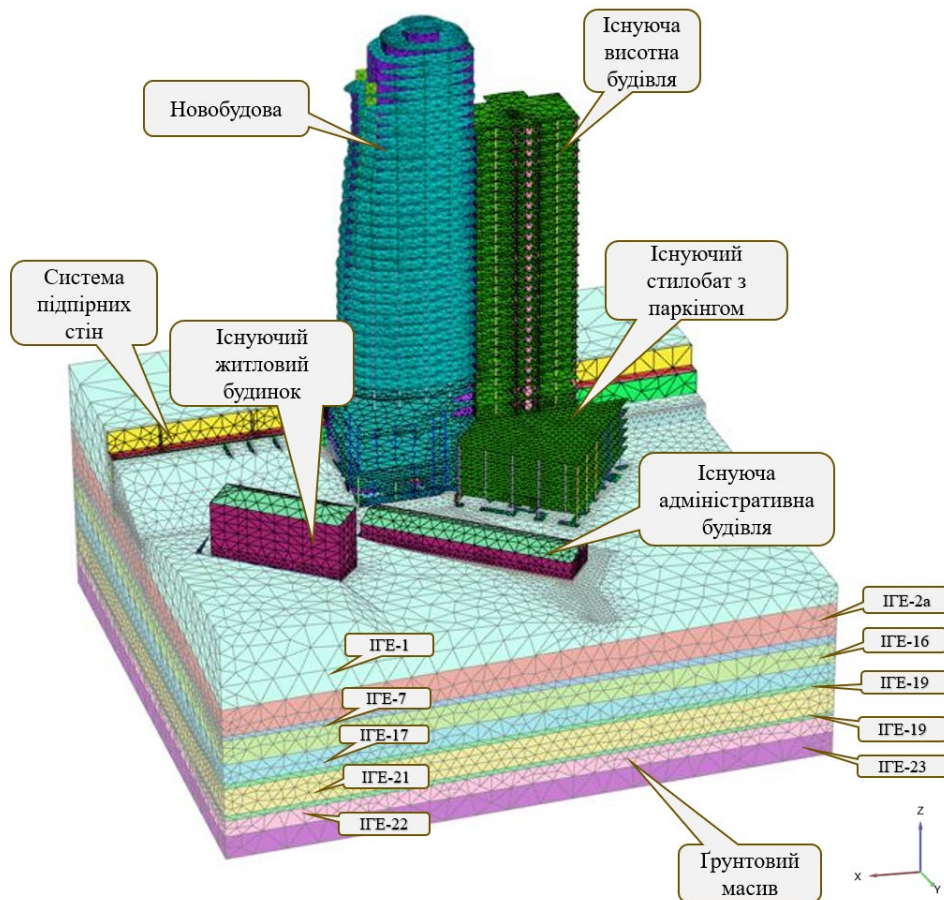


Рис.4 Скінчено-елементна модель в Plaxis 3D.
Fig.4. Finite element model in Plaxis 3D.

Моделювання різних типів паль в складі пальового фундаменту реалізовано за допомогою вбудованих балок типу «embedded beam», з призначенням їм несучої здатності палі (F_d) згідно результатів статичного зондування та випробування паль статичним вдавлюючим навантаженням. Сумісна робота заглиблених частин фундаменту та стін з оточуючим ґрунтом реалізована шляхом введення «інтерфейсних елементів».

Розрахунок моделі виконувався у декілька стадій, які відповідають етапам від накопичення природних напружень та далі послідовного будівництва будівель і дозволяють врахувати еволюцію НДС. При цьому, розрахунок виконується кроково-ітераційним методом з поступовим прикладанням навантаження на всіх стадіях.

Крім того, було розроблено розрахункову схему в ПК ЛІРА-САПР, яка дозволяє, з більшою ефективністю, визначити зусилля в несучих елементах конструкцій існуючої будівлі та виявити перерозподіл напружень між елементами каркасу для перевірки достатності прийнятого армування згідно попереднього розрахунку окремої будівлі. Розрахункова схема також включає в себе об'ємний ґрунтовий масив, що побудований на основі даних звіту про інженерно-геологічні вишукування, пальові фундаменти та несучі конструкції надземної частини будівель. Деформації та напруження, що виникають у несучих конструкціях (плитах перекриття, пілонах, стінах, фундаментах) під дією зовнішніх навантажень описувались рівняннями теорії пружності. Залізобетонна плита ростверку у числовому моделюванні описувалась оболонками, які працюють на згин та сприймають напруження стиску/розтягу. Палі у числовому моделюванні описувались стержнями, що працюють на стиск та згин. Плити перекриття, пілони, діафрагми та стіни працюють на згин, зсув та стиснення (розтяг) в усіх напрямках.

Прийнята модель деформування ґрунтів в обох схемах – пружно-пластична поведінка ґрунтового середовища з критерієм міцності Кулона-Мора, параметри якої отримано шляхом ідентифікації фізико-механічних

характеристик ґрунтів, визначених у польових та лабораторних умовах з даними випробувань дослідних паль статичним навантаженням.

На майданчику будівництва, протягом тривалого періоду, було проведено декілька етапів інженерно-геологічних вишукувань, згідно з якими було виконано декілька випробувань паль різного діаметру та довжин статичним вдавлюваним навантаженням і для кожного отримано графіки залежності осадання паль від навантаження. Методом числового моделювання було відтворено процес випробування паль та отримано характеристики ґрунтової моделі, що корелюються з результатами осідання паль в натурних дослідних паль [5,6]. Результати ідентифікації параметрів ґрунтів представлені у вигляді графіків «осідання-навантаження» для обраних дослідних паль №1 та №2, діаметром 820 мм, які є складовою пальового поля новобудови. Уточнені параметри моделі прийняті для подальшого розрахунку.

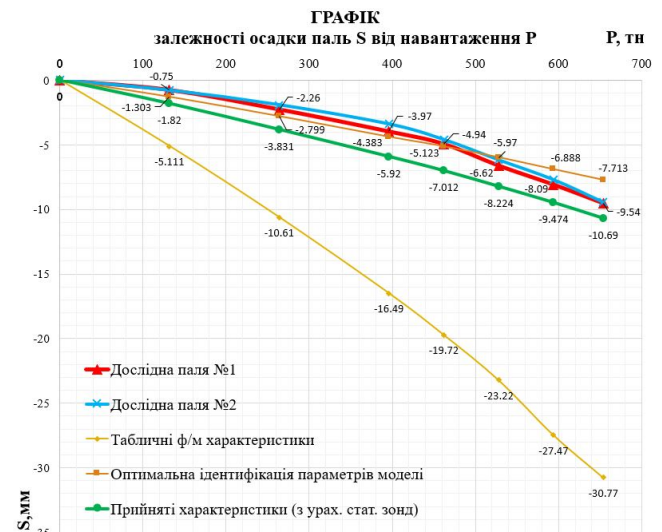


Рис.5 Ідентифікація параметрів ґрунтової моделі.

Fig.5. Validation of soil parameters.

Реалізація стадійності розрахунку дає можливість оцінити осідання фундаментів існуючих будівель, що відповідають конкретному етапу зведення житлового комплексу та виявити розвиток додаткових деформацій внаслідок зведення новобудови.

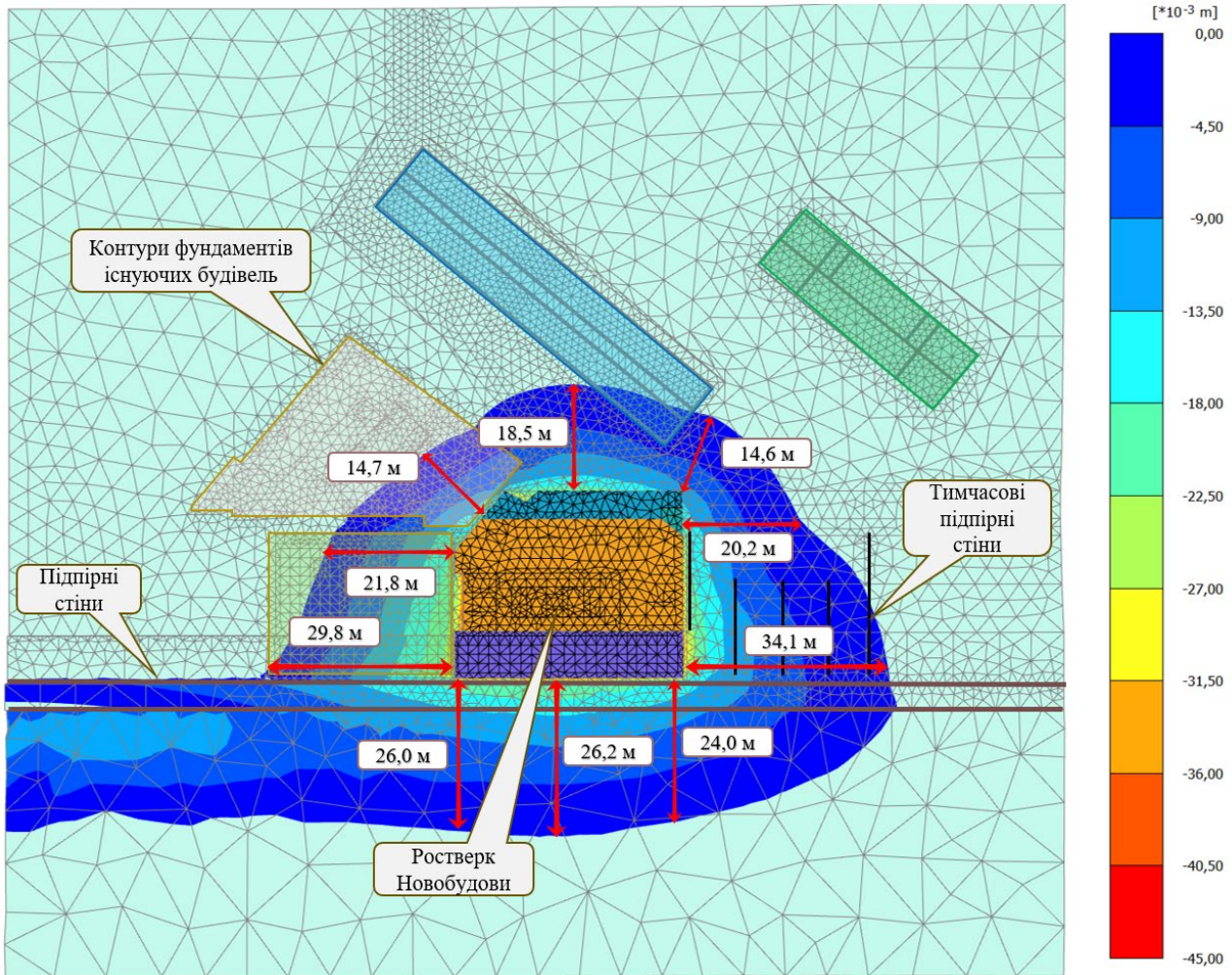


Рис.6 Зона впливу новобудови на ґрунтовий масив.

Fig.6. The influence area of the new building on the soil massif.

За результатами комплексного розрахунку напружено-деформованого стану ґрунтового масиву в межах ділянки прилеглої до об'єкта будівництва визначено зону впливу на додаткові осідання фундаментів існуючих будівель від дії експлуатаційних навантажень новобудови на ґрунт основи, яка становить 0,6...0,9 В (L) від граней фундаменту нової секції, де В (L) – розмір ростверку новобудови у відповідному напрямку.

Також було проаналізовано характер осідання ростверку існуючої 27 поверхової будівлі в процесі поетапного розрахунку, визначено початкові осідання після етапу її зведення та прикладання повних експлуатаційних навантажень. Максимальні осідання ростверку висотної частини зосереджені в середині плити під ядром жорсткості і складають 33мм, наближаючись до кутів плити значення осідань зменшуються і досягають величини 20мм.

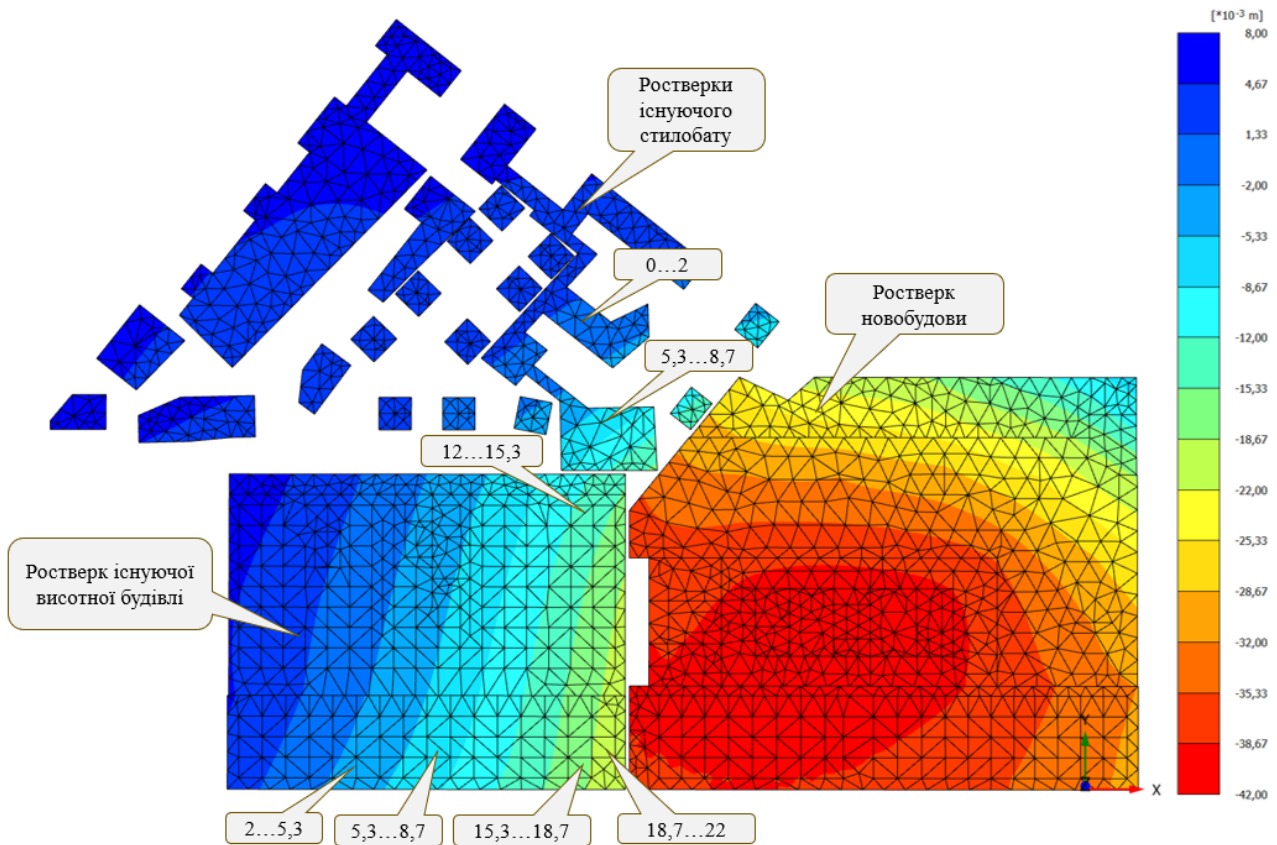


Рис.7 Додаткові осідання існуючих будівель та повне осідання Новобудови, мм.
Fig.7. Additional displacements of existing buildings and total displacements of the new building.

На останньому етапі розрахунку отримано значення додаткових осідань ростверків існуючих споруд та повні осідання новобудови, що представлені на рис.7. Найбільших додаткових деформацій зазнають конструкції висотної будівлі зони примикання до ростверку вже зведеної частини фундаменту новобудови за попереднім проектом, а їх значення знаходяться в діапазоні 18...22мм. В стилобатній частині існуючої будівлі також найбільше осідає зона, що межує з прибудовою а її значення становлять до 14мм.

Крім того, було проаналізовано зміну напруженого стану ґрунтового масиву в активній зоні пальового фундаменту існуючої висотної будівлі внаслідок прибудови нової житлової секції комплексу.

Було виділено 6 розрахункових точок в ґрунтовому масиві в залежності від віддаленості до ростверку новобудови, для яких визначено приріст вертикальних напружень, що показано на рис.8. Так до початку будівництва об'єкту повні вертикальні напруження σ_{zz} в ІГЕ-16 (Пісок дрібний), що слугує основою паль, знаходяться в діапазоні (876...1052кПа). Після зведення житлової секції новобудови, спостерігається приріст вертикальних напружень σ_{zz} під вістрям паль існуючої висотної будівлі до 27%, абсолютні значення напружень становлять – (876...1222кПа).

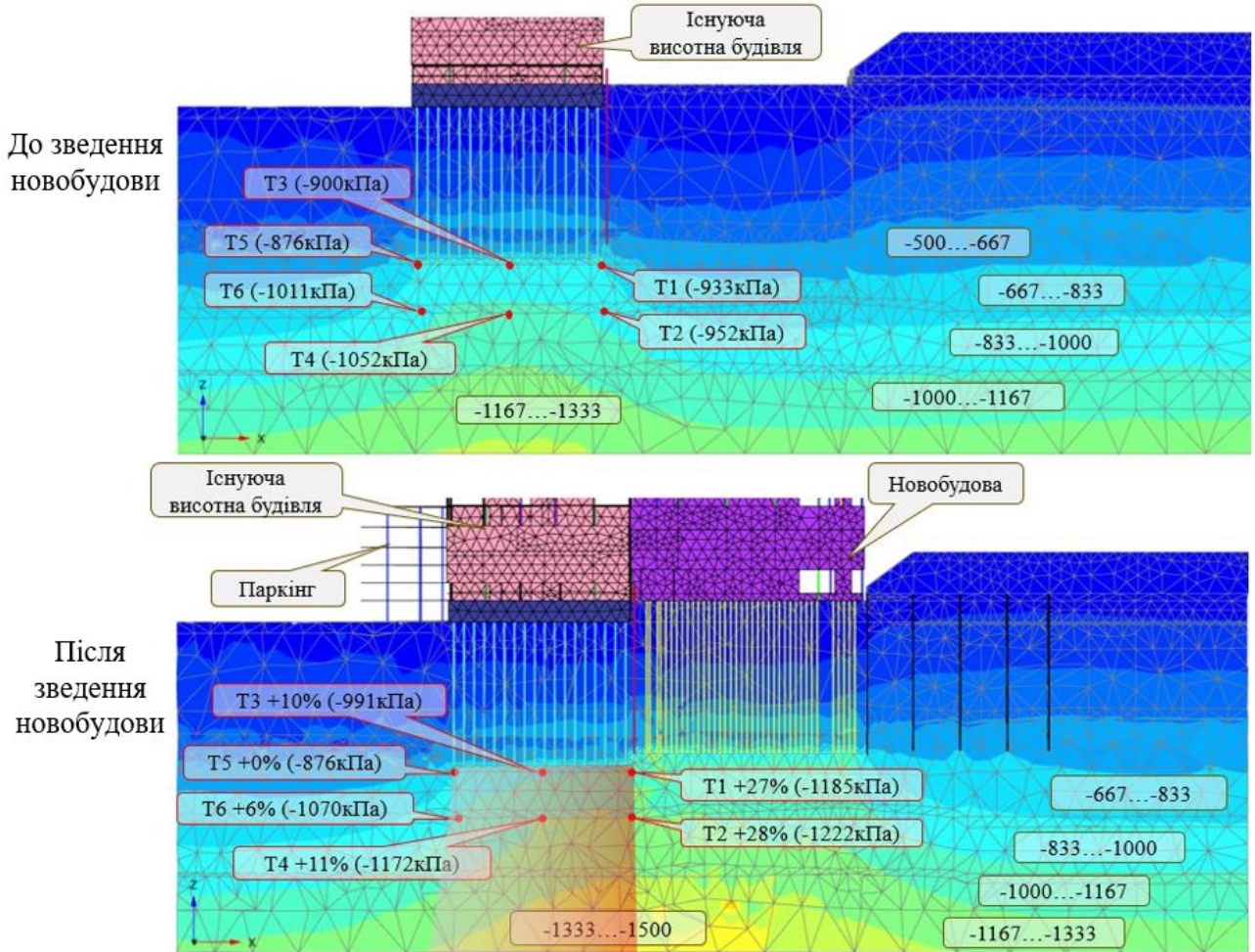


Рис.8 Повні вертикальні напруження σ_{zz} в активній зоні пальового фундаменту існуючої будівлі, кПа.
 Fig.8. Total vertical stresses σ_{zz} in the active zone of the pile foundation of an existing building, kPa.

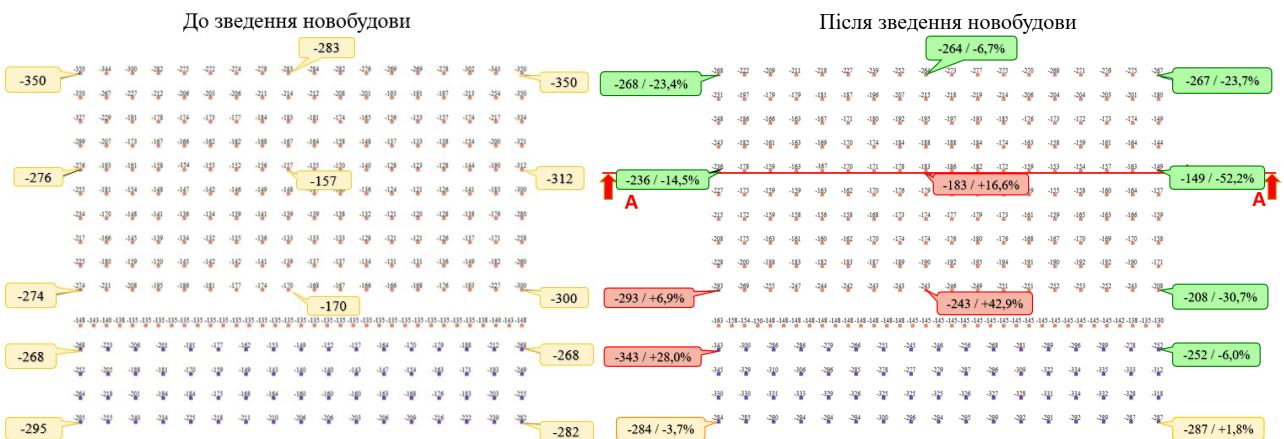


Рис.9 Осьові зусилля в палях існуючої будівлі, тс.
 Fig.9. Axial forces in piles of an existing building, ts.

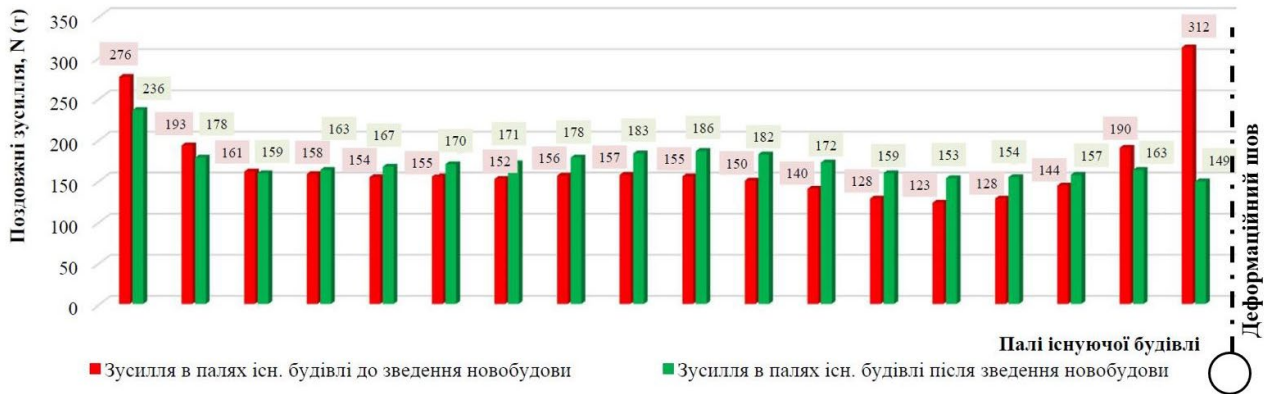


Рис.10 Розподіл стискуючих зусиль в палях по розрізу А-А.
Fig.10. Distribution of compressive forces in piles along cross-section A-A.

За результатами числових розрахунків в ПК ЛІРА САПР на граничні сполучення навантажень, встановлено перерозподіл поздовжніх зусиль в палях існуючої будівлі з периферії до центру, внаслідок додаткової жорсткості пальового фундаменту новобудови та зміни крайових умов роботи паль. Найбільший ефект спостерігається в зоні, деформаційного шва з новобудовою. Так, для паль першого та другого ряду від деформаційного шва, що знаходяться в периферійній зоні пальового поля існуючої будівлі спостерігається зменшення стискуючих зусиль до 52%, водночас палі центральної зони сприймають додаткові зусилля в діапазоні – 7...17%. Однак, слід зазначити, що таке зростання зусиль не перевищує їх несучу здатність та є допустимим.

Що стосується плитних конструкцій пальового фундаменту, то проведений аналіз НДС існуючої будівлі, засвідчує кількісну зміну згинальних моментів в плиті ростверку.

Для ростверку висотної частини будівлі на відм. низу +153,500 зафіксовано збільшення максимальних прольотних моментів в зоні примикання з новобудовою до 31%, натомість опорні моменти в межах ядра жорсткості та в зонах стикування колон з ростверком зазнають зменшення до 28%.

Окрім плит ростверків було проаналізовано напружено-деформований стан в колонах нижніх поверхів. На рис.12 показано найбільш навантажені колони нижнього поверху, що з'єднуються з ростверком та зміну їх зусиль при врахуванні взаємовпливу нової секції житлового комплексу.

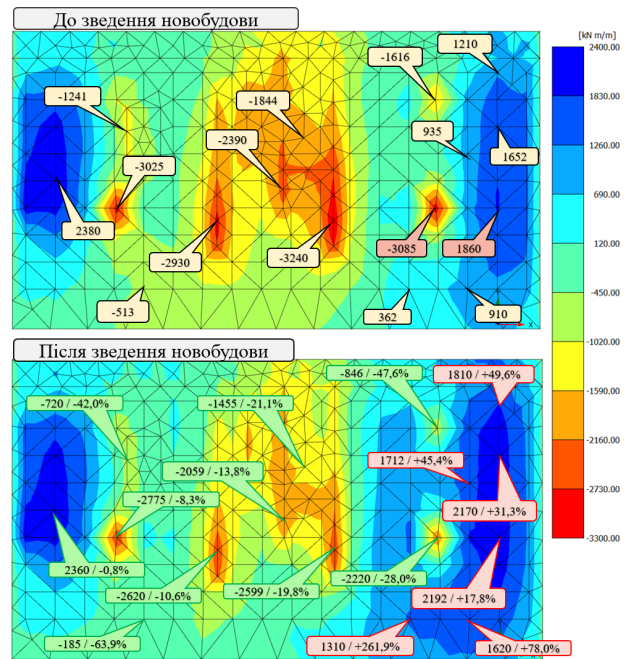
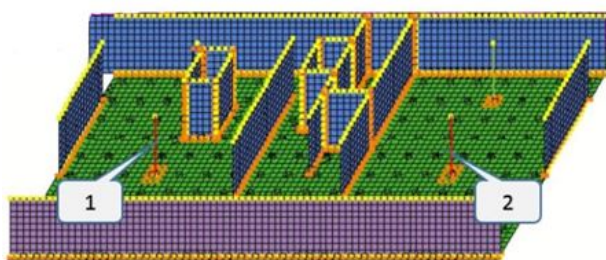


Рис.11 Згинальні моменти M_{11} в фундаментній плиті на відм. низу +153,500, кНм/м.
Fig.11. Bending moments M_{11} in the foundation slab at the bottom level +153,500, kNm/m.

Можемо спостерігати, що колона №1 сприймає додаткове стискуюче зусилля до 19%, натомість відбувається зменшення згинальних моментів до 29%. Такий ефект може бути визначальним при перевірці здатності сприймати розрахункові зусилля несучими елементами каркасу, і потребувати прийняття додаткових рішень, щодо підсилення конструкцій у разі недостатності робочого армування.



	N, т		M _y , т*м		M _x , т*м	
	До	Після	До	Після	До	Після
Колона 1	1744	2071	-68	-48	0	1
Колона 2	1948	1837	-83	-65	1	1
	M _z , т*м		Q _y , т		Q _z , т	
	До	Після	До	Після	До	Після
Колона 1	45	19	14	4	21	12
Колона 2	-52	21	-19	9	26	20

Рис.12 Зусилля в колонах нижнього поверху.
Fig.12. Forces in the columns of the lower floor.

ВИСНОВКИ

Визначено, що максимальна зона впливу нового будівництва на додаткові осідання фундаментів існуючих будівель знаходиться в межах 35м, що становить приблизно 0,9 L – довжини ростверку новобудови.

Вертикальне напруження ґрунтового масиву в активній зоні пальового фундаменту існуючої висотної будівлі збільшилося до 27% внаслідок впливу додаткового навантаження від пальових фундаментів нового висотного будинку.

Показано перерозподіл зусиль в палях існуючої висотної будівлі з периферії до центру, внаслідок зміни крайових умов роботи паль. Спостерігається зменшення зусиль в палях периферійної зони в межах до 52%, водночас палі центральної зони зусилля зросли на 7-17% від початкових значень.

Визначено перерозподіл зусиль в ростверках існуючої висотної будівлі, при спорудженні поряд нової секції, спостерігається збільшення максимальних прольотних згинальних моментів до 31% в зоні, що межує з новобудовою, також виявлено зменшення пікових зусиль в зонах опирання колон та стін до 28%, порівняно з величинами до початку будівництва.

ЛІТЕРАТУРА

1. Основи та фундаменти споруд. Основні положення: ДБН В.2.1–10:2018. – [Чинний від

2019–01–01]. – К.: Мінрегіон України, 2018. – 36с.

- Бойко І. П. Напружено-деформований стан ґрунтового масиву при побудові нових фундаментів поблизу існуючих будинків / І. П. Бойко, В. О. Сахаров // *Основи і фундаменти: міжвідомчий науково-технічний збірник*. – К.: КНУБА. – 2004. – Вип. 28. – С. 3–10.
- Носенко В.С. Особливості проектування фундаментів суміжних висотних споруд / В. Носенко // *Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві: Науковий журнал*. – В.: ВНТУ. – 2009. – Вип. 6, №1 – С.44-47.
- Підлуцький В.Л. Формування напружено-деформованого стану основи при зведенні комплексу висотних будинків / В. Підлуцький // *Основи та фундаменти: Науково-технічний збірник*. – К.: КНУБА. – 2015. – Вип. 36. – С. 65-79.
- Бойко І.П. Ідентифікація параметрів ґрунту на основі натурних випробувань паль. / І. Бойко, Л. Скочко, М. Хоронжевський // *Основи та фундаменти: Науково-технічний збірник*. – К.: КНУБА. – 2021. – Вип. 42. – С. 9-18.
- Бойко І.П. Числове моделювання взаємодії бурової палі та основи з врахуванням дилатансії / І. Бойко, О.Кривенко, О. Гаврилюк // *Основи та фундаменти: Науково-технічний збірник*. – К.: КНУБА. – 2023. – Вип. 46. – С. 9-16.
- 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.
- Plaxis 3D CONNECT Edition V21.01. Reference manual, Bentley Systems & Delft University of Technology, The Netherlands, 2021, 600 p.

REFERENCES

- Osnovy ta fundamenti sporud. Osnovni polozhennya: DBN V.2.1–10:2018. (2019) Kyiv: Minregionbud Ukrainy, 36 (in Ukrainian)
- Boiko I.P., Sakharov V.O. (2004). Napruzhenodeformovanyi stan gruntovoho masyvu pry prubudovi novykh fundamentiv pobly-zu isnuichykh budynkiv [Stress-strain state of the soil massif during the addition of new foundations near existing buildings]. *Osnovy i fundamenti. Mizhvidomchuy naukovo-tekhnichnyj zbirnyk*. K.: KNUBA, (28), 3-10 (in Ukrainian).

3. Nosenko V.S. (2009). Osoblyvosti proektuvannia fundamentiv sumizhnykh vysotnykh sporud [Design features of the foundations of adjacent high-rise buildings] *Suchasni tekhnologii, materialy i konstruksii v budivnytstvi: Naukovyi zhurnal*. V.: VNTU, (6, №1), 44-47 (in Ukrainian).
4. Pidlutskyi V.L. (2005) Formuvannia napruzhenno-deformovanoho stanu osnovy pry zvedeni kompleksu vysotnykh budynkiv [Formation of the stress-strain state of the base during the construction of a complex of high-rise buildings]. *Osnovy ta fundamenty: Naukovo-tekhnichnyi zbirnyk*. K.: KNUBA, (36), 65-79 (in Ukrainian).
5. Boyko I., Skochko L., Khoronzhevskyi M. (2021). Identifikatsia parametriv gryntiv na osnovi rezyltativ natyrnih vuprobnyvan pal [Identification of soil parameters based on the results of field tests of piles]. *Osnovu ta fundamenty: Naukovo-tekhnichnyj zbirnyk*. K: KNUBA, (42), 9-18 (in Ukrainian).
6. Boyko I., Krivenko O., Gavryliuk, O. (2023). Chyslove modeliuвання vzaiemodii burovoi pali ta osnovy z vrakhuvanniam dylatansii [Numerical simulation of interaction bored pile and soil mass with taking into account the dilatancy of the soil]. *Bases and Foundations: Naukovo-tekhnichnyi zbirnyk*. K: KNUBA, (46), 9-16 (in Ukrainian).
7. 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.
8. Plaxis 3D CONNECT Edition V21.01. (2021). Reference manual, Bentley Systems & Delft University of Technology, The Netherlands, 600 p.

Assessment of the impact of a high-rise building on the stress-strain state of the foundation and structures of existing buildings in dense development

*Viktor Nosenko,
Liudmyla Bondareva,
Maksym Khoronzhevskyi,
Ostap Kashoida*

Summary. One of the most progressive problems of modern urban planning is the gradual decrease in areas suitable for construction, especially within the historical districts of cities. This prompts

developers to increasingly develop sites in difficult engineering and geological conditions, which are often located within dense buildings.

Today, the construction of multifunctional residential complexes combines the construction of high-rise residential sections and commercial real estate buildings with multi-level parking lots, which are often located in close proximity to each other. Often, the sequence of construction of these buildings is stretched over years or even decades, for example, due to an unfavorable economic climate or the instability of the political situation in the country, which leads to the commissioning of only certain stages of construction. The subsequent resumption of construction work requires taking into account the mutual impact of new construction and observations of previously constructed buildings during the construction of new structures.

The execution of deep pits at the stage of laying the foundations of new buildings, as well as the substantial weight of high-rise buildings, causes a change in the stress-strain state of the adjacent soil massif, so designers face the task of determining the impact of such construction on the adjacent buildings.

This article presents the results of a study of the change in the stress-strain state of load-bearing structures and foundations an existing building, taking into account the mutual impact of an adjacent high-rise section of a residential complex.

The calculations were performed in two independent software systems Plaxis 3D and LIRA-FEM, in the spatial formulation of tasks, for a comprehensive assessment of the SSS of the system "soil base-foundation-superstructure".

The zone of impact of new construction on the adjacent buildings, the values and character of additional displacements of foundations of adjacent structures are determined. The regularities of changes in the calculated forces in piles are shown, which indicate a decrease in axial forces in piles up to two times at the interface with the foundations of the new building and an increase in the load on the piles of the central zone by up to 17%. The obtained results show a tendency to redistribute stresses in the foundation slab from the bearing zones to the span zones, as well as in the bearing vertical structures of the lower floor of the existing building.

Key words. stress-strain state, existing building, pile foundation, nonlinear model of soil foundation, numerical modeling.