

## Дослідження перерозподілу зусиль у фундаментній плиті складної конфігурації у малоповерхових будівлях

Василь Підлуцький<sup>1</sup>, Олександр Литвин<sup>2</sup>

Київський національний університет будівництва і архітектури  
31, просп. Повітрофлотський, Київ, Україна, 03037,  
<sup>1</sup>vasiliytsar@gmail.com, orcid.org/0000-0002-1936-3990  
<sup>2</sup>sasha32582@gmail.com, orcid.org/0000-0002-2818-3457

DOI: 10.32347/0475-1132.43.2021.17-29

**Анотація.** Проведено дослідження перерозподілу зусиль у фундаментній плиті складної конфігурації в плані при влаштуванні та не влаштуванні деформаційних швів між блоками малоповерхової будівлі за допомогою числового моделювання за методом скінченних елементів (МСЕ). Розглянуто два варіанти фундаментної плити – з влаштуванням та не влаштуванням деформаційних швів.

Через велику різницю в навантаженнях в різних приміщеннях та зонах будівлі для запобігання нерівномірності деформації основ в якості фундаменту було прийнято монолітний залізобетонний фундамент плитного типу товщиною 400 мм. Каркас будівлі – монолітний залізобетонний з вертикальними несучими елементами у вигляді колон, пілонів та стін, які об'єднанні монолітними плитами перекриття, які створюють диски жорсткості.

Основою для плитного фундаменту слугують піщані ґрунти пилюваті та дрібні, середньої щільності з лінзами супісків пластичних.

Після проведення розрахунків було проаналізовано напружено-деформований стан (НДС) фундаментних конструкцій будівлі, а саме: осідання фундаментної плити, перерозподіл згинальних моментів у фундаментній плиті в напрямках осі X та осі Y та підібрано відповідну площу робочого армування фундаментної плити. В результаті розрахунків було встановлено, що наявність деформаційних швів суттєво впливає на перерозподіл зусиль у фундаментній плиті складної конфігурації у малоповерхових будівлях. При їх влаштуванні відбувається збільшення згинальних моментів у зонах віддалених від стику блоків будівлі з 5% до 20%. Суттєве збільшення згинальних моментів відбувається в зоні стику блоків будівлі при



**Василь Підлуцький**  
доцент кафедри  
геотехніки  
к.т.н., доц.



**Олександр Литвин**  
асистент кафедри  
геотехніки

влаштуванні деформаційних швів. В даних зонах зафіксоване збільшення згинальних моментів від 10% до 3-х разів, що суттєво впливає на витрати армування фундаментної плити. Також показано, що влаштування деформаційних швів практично не впливає на максимальні значення осідання фундаментної плити.

Тому для малоповерхових будівель рекомендовано влаштовувати варіант фундаментної плити без деформаційних швів.

**Ключові слова.** Плитний фундамент, деформаційний шов, згинальні моменти, деформації, числове моделювання.

### ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

На сьогоднішній час при створенні реабілітаційно-оздоровчих комплексів частіше за все зводять малоповерхові будівлі для поєднання їх габаритних розмірів з навколишнім середовищем та «вписуванням» даних будівель у рельєф майданчика будівництва. Досить часто для забезпечення функціонального призначення будівель вико-

нують їх складної конфігурації в плані (Рис. 1, 2, 3). В даних умовах зводять як будівлі для відпочинку, так і будівлі для господарсько-побутових потреб. Об'єктом дослідження в даній роботі є саме господарсько-побутовий корпус. Дана будівля складається з трьох блоків, які доповнюють одна одну та створюють єдиний замкнутий комплекс для задоволення покладених на дану будівлю потреб. Для таких будівель найчастіше влаштовують фундаменти неглибокого закладання і особливих проблем з їх розрахунком та проектуванням не виникає. Але в умовах складних ґрунтових умов виникає потреба у влаштуванні плитних фундаментів. А так як дані будівлі часто бувають складними по конфігурації в плані, то виникає ряд питань, які необхідно вирішити при дослідженні напружено-деформованого стану даних фундаментів. Самими частішими питаннями для вирішення є:

- Вибір товщини фундаментної плити, яка впливає на витрати матеріалів та загальну вартість фундаментів.
- Прийняття рішення про необхідність влаштування деформаційного шва між блоками складної по конфігурації в плані малоповерхової будівлі.
- Встановлення перерізу вертикальних несучих елементів для забезпечення їх міцності та надійності, а також загальної стійкості будівлі.
- Вибір несучого шару основи та розробку рекомендацій для його підготовки.
- Вибір методу розрахунку.
- Встановлення моделі деформування ґрунтового середовища для забезпечення отримання коректних результатів розрахунків.
- Вибір розмірів ґрунтового масиву при розробці скінчено-елементної моделі будівлі.

В даній роботі наведено дослідження перерозподілу зусиль у фундаментній плиті складної конфігурації в плані при наявності або відсутності деформаційних швів між блоками будівлі (Рис. 1, 2). Тому що прийнятий варіант фундаментної плити безпосередньо впливає на витрати її арму-

вання, що визначає кінцеву вартість влаштування фундаментів. Оскільки за архітектурним задумом для гармонійного поєднання в загальний ансамбль забудови скатна покрівля об'єкту дослідження має бути суцільна, без розрізання деформаційними швами з фронтонними стінами. Тому виникає ще один важливий аспект дослідження: вплив різниці осідань окремих блоків будівлі на прояв деформацій у конструкціях покрівлі, де поява тріщин не допустима, щоб унеможливити замочування внутрішнього простору будівлі атмосферними опадами.

Наведені питання потребують додаткового дослідження і обґрунтованого прийняття рішень, на перший погляд, у простих будівлях.

#### АНАЛІЗ ПОПЕРЕДНІХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Дослідженнями перерозподілу зусиль у фундаментній плиті складної конфігурації займалося багато вчених. Так, у роботі Винникова Ю.Л., Харченка М.О., Марченка В.І., Ларцевої І.І [1, 2] автори роблять акцент на використанні коректних моделей деформування ґрунтової основи, які описують зміну параметрів ґрунтів та етапи завантаження та розвантаження плитних фундаментів при виконанні числових розрахунків за методом скінчених елементів (МСЕ).

У роботі [4] автором проведені чисельні дослідження напружено-деформованого стану фундаментних плит, використовуючи у розрахунковій моделі плиту на пружній основі та наголошено на коректність встановлення коефіцієнтів жорсткості основи.

В роботі [5] М.В.Корнієнка, В.В.Жук, І.С.Чегодаєва, С.В.Поклонського наведено експериментальні дані про спостереження за деформаціями комплексу будинків на плитних фундаментах. Показано важливість таких дослідних даних для підвищення ефективності проектування фундаментних конструкцій.

У статті [6] І.В.Маєвської, Н.В.Блащук, Г.В.Маєвського проведено дослідження впливу товщини і форми фундаментної

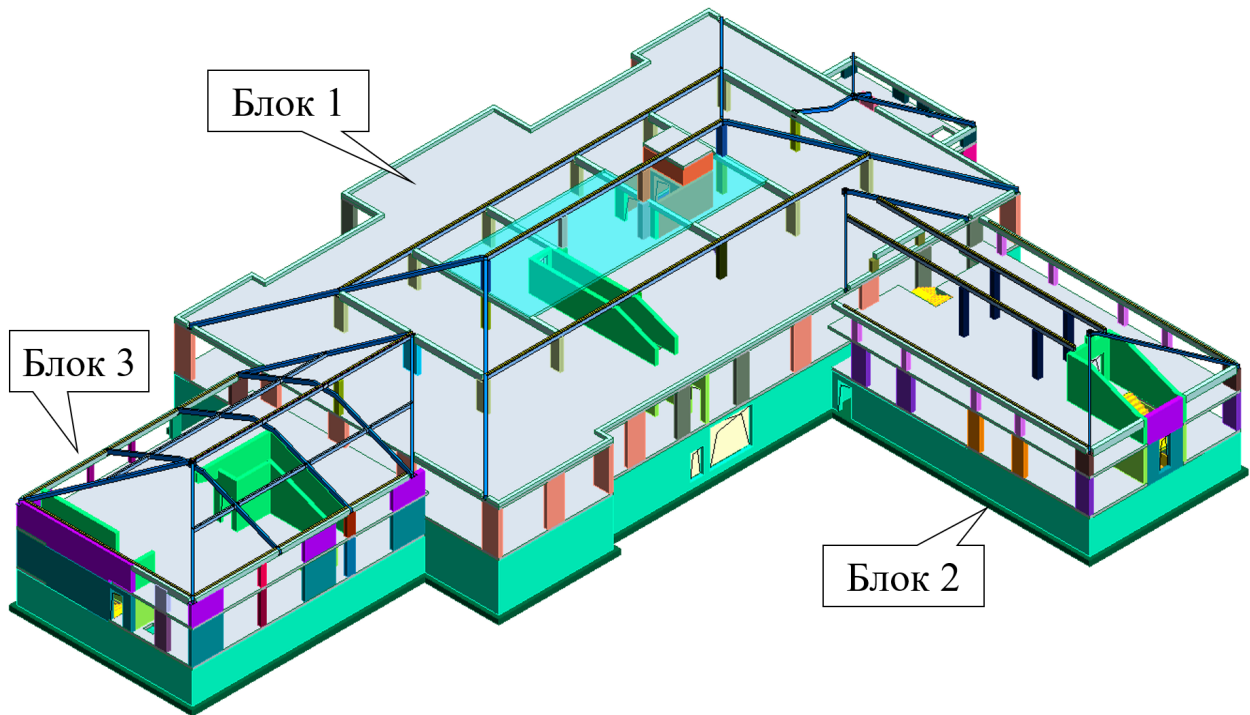


Рис.1. Загальний вигляд несучих конструкцій будівлі.  
Fig.1. General view of bearing structures of the building.

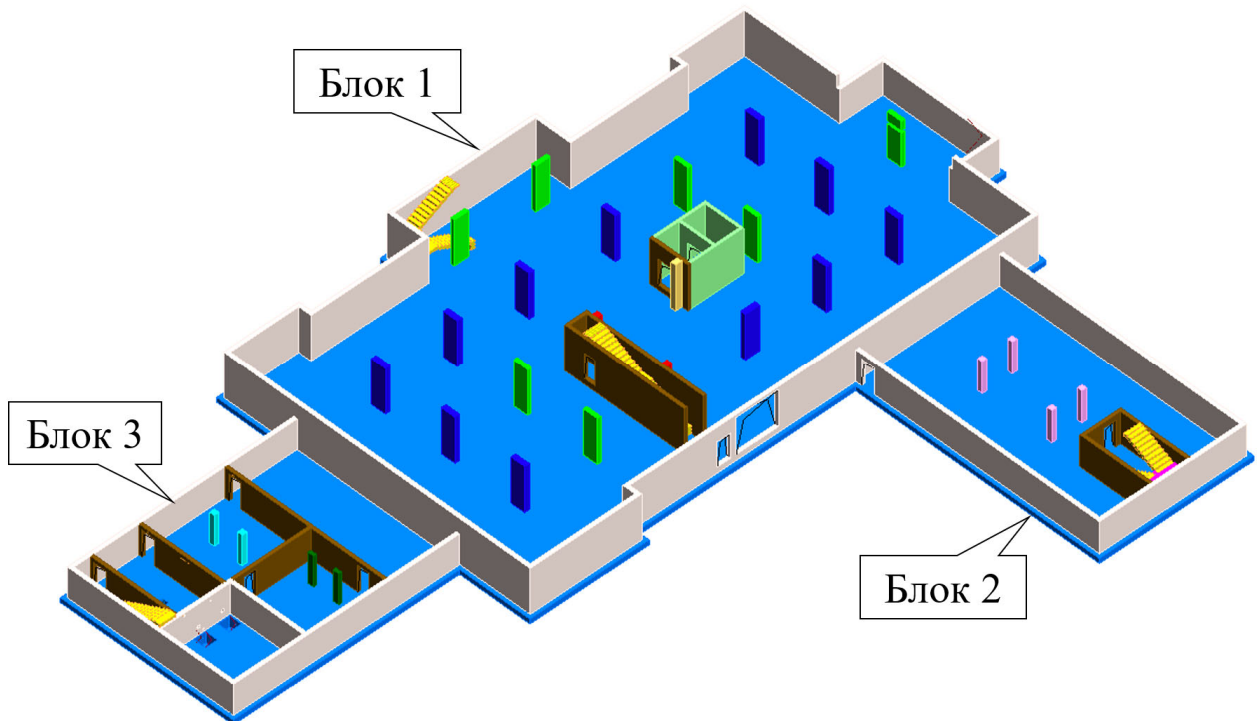


Рис.2. Загальний вигляд несучих конструкцій підвалу будівлі.  
Fig.2. General view of bearing structures of the basement of the building.

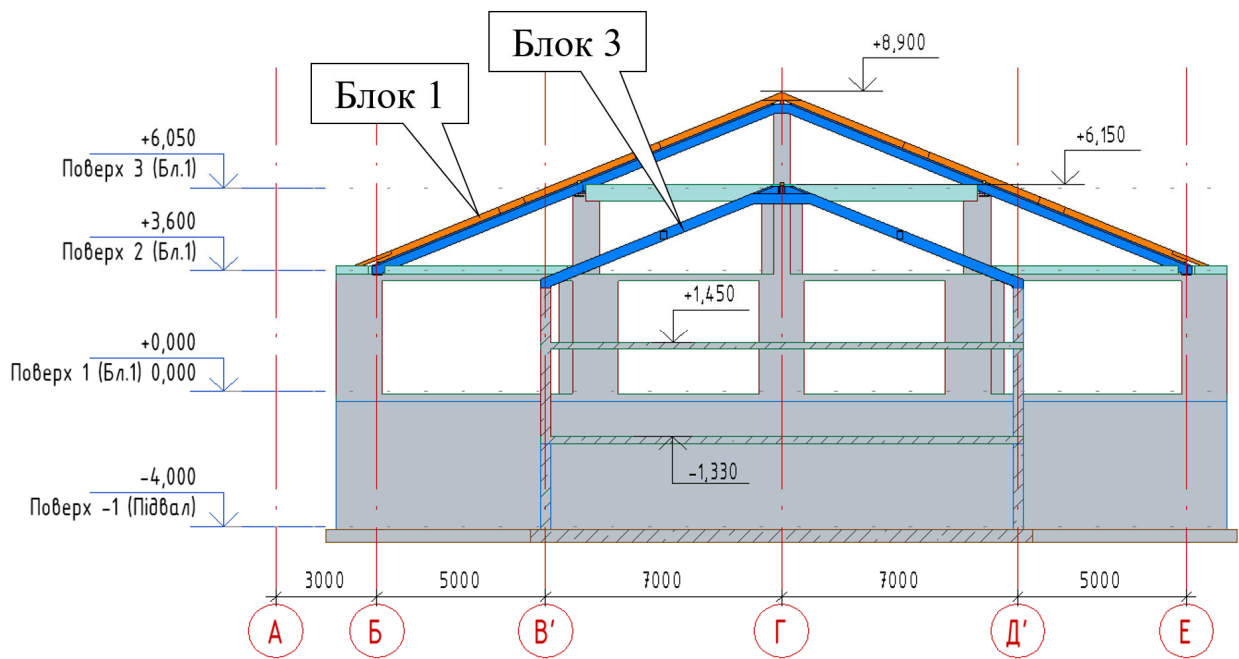


Рис.3. Характерний розріз будівлі.  
Fig.3. Characteristic section of the building.

плити на розподіл внутрішніх зусиль та показники витрат матеріалів, вартість та трудомісткість. Авторами було встановлено, що найбільш оптимальним є плитний фундамент з мінімальною товщиною плити.

У роботах [8, 3] наведено проблемні питання при влаштуванні плитних фундаментів для зерносушильних комплексів при змінному навантаженні.

В дослідженні Бойка І.П, Носенка В.С., Підлущького В.Л. [9] наведені питання вибору габаритів ґрунтового масиву при проведенні числового моделювання та їх вплив на перерозподіл зусиль у фундаментній плиті висотного будинку.

### МЕТА РОБОТИ

Дослідити характер перерозподілу зусиль у фундаментній плиті складної конфігурації в плані при влаштуванні та не влаштуванні деформаційних швів між блоками малоповерхової будівлі за допомогою числового моделювання за методом скінчених елементів (МСЕ).

### ОСНОВНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ

Дослідження перерозподілу зусиль у фундаментній плиті складної конфігурації у малоповерхових будівлях виконано на реальній споруді, а саме на господарсько-побутовому корпусі реабілітаційно-оздоровчого комплексу, який знаходиться в стм. Козин Київської області. Дана будівля складається з трьох блоків (Рис. 1-3), які доповнюють одна одну та створюють єдиний замкнутий комплекс. Всі три блоки мають різні висоти поверхів та різні габаритні розміри в плані, що ускладнює дану будівлю з конструктивної точки зору. В блоці 1 передбачається заїзд вантажних автомобілів, тому має бути враховане відповідне навантаження при розрахунках несучих конструкцій будівлі. В плані блоки будівлі досить широкі, що створює особливі вимоги до проектування несучих конструкцій покрівлі, що вимагає досить потужних перерізів кроквяних систем, а також необхідно передбачити металеві несучі опорні підкроквяні ноги. В блоці 3 через неможливість влаштувати проміжних опор для покрівлі виникає великий проліт, тому

тут передбачено металеву несучу раму, по якій влаштовано кроквяну систему покрівлі. Все це вимагає розробити надійний та міцний несучий каркас будівлі.

Тому конструктивна схема будівлі - двоповерхова залізобетонна каркасна будівля з підвалом під всією плямою забудови, загальними розмірами 65,9 x 48,4 м.

Враховуючи дані геологічних вишукувань (неоднорідний склад ґрунтів основи під будівлею – лінзи, тощо) та велику різницю в навантаженнях в різних приміщеннях та зонах будівлі для запобігання нерівномірності деформації основ в якості фундаменту було прийнято монолітний залізобетонний фундамент плитного типу товщиною 400 мм. Вертикальні несучі елементи - монолітні залізобетонні колони, пілони та стіни, які забезпечують просторову жорсткість будівлі. Перекриття - монолітні залізобетонні плити товщиною 200-250 мм. Сходи також передбачено монолітними залізобетонними. Розташування несучих елементів будівлі наведено на Рис. 1-3.

Згідно інженерно-геологічних вишукувань в геологічній будові території до розвіданої глибини 15,0 м приймають участь четвертинні алювіальні відклади, які перекриті насипними ґрунтами незначної потужності. У літологічному відношенні це в переважній більшості піски пилюваті та дрібні, середньої щільності та щільні, а також подеколи зустрінуті супіски пластичні з лінзами піску. Рівень ґрунтових вод (РГВ) встановлений на глибині 5,0-5,4 м від поверхні. Водовмістними ґрунтами служать алювіальні піски (ІГЕ-3). Характерний інженерно-геологічний розріз будівельного майданчика наведено на Рис. 4. В Табл. 1 представлено основні фізико-механічні характеристики ґрунтів основи.

Скінченно-елементна модель включає в себе всі елементи несучого каркасу будівлі та фундаментів (Рис. 6), а також об'ємний ґрунтовий масив (Рис. 5). Ґрунтова основа задавалася як суцільне багатопшарове об'ємне середовище, в якому враховані нашарування ґрунтів та їх фізико-механічні характеристики. Ґрунт у розрахунковій схемі заданий як модель пружного середо-

вища, в якому враховані щільність ґрунту  $\rho$ , коефіцієнт Пуассона  $\nu$ , модуль загальних деформацій  $E$ . Низ ґрунтового масиву обмежений площиною, яка закріплена від вертикальних переміщень (вважається, що осіданнями можна знехтувати на цій глибині). Також в'язі накладені на бічні площини, дані граничні умови перешкоджають нормальним переміщенням. Виконувалося згущення сітки по периметру конструкцій будівлі та безпосередньо під фундаментною плитою. Розташування, потужність та механічні властивості ґрунтових шарів відповідають даним інженерно-геологічних вишукувань.

Розрахунки напружено-деформованого стану фундаментних конструкцій з ґрунтовою основою проводилися шляхом числового моделювання взаємодії елементів системи «основа-фундамент-споруда» за методом скінченних елементів у тривимірній пружній постановці з використанням програмного комплексу Simulia Abaqus.

Навантаження від власної ваги каркасу будівлі та оздоблюваних матеріалів задане через питому вагу відповідних матеріалів конструкцій. Корисне навантаження задане у вигляді рівномірно-розподіленого. Кроквяна система задана через несучі металеві рами каркасу покрівлі, на які опирається конструкція покрівлі через «натягнуту» мембрану покриття з відповідним навантаженням.

В процесі дослідження аналізувалися наступні результати: осідання фундаментної плити (Рис.7), згинальні моменти у фундаментній плиті в напрямку осі X та осі Y (Рис.8, 9). Порівняння результатів розрахунків в конкретних точках фундаментної плити представлено у вигляді гістограм на Рис.10 та Рис.11.

В роботі було проведено розрахунки двох варіантів фундаментної плити складної конфігурації в плані: а) без деформаційного шва (ДШ) та б) з деформаційним швом (ДШ) між блоками малоповерхової будівлі. Здавалося б таке питання для такої малоповерхової будівлі і не серйозне, але розглянувши наступні питання стає зрозумілим про необхідність дослідження.



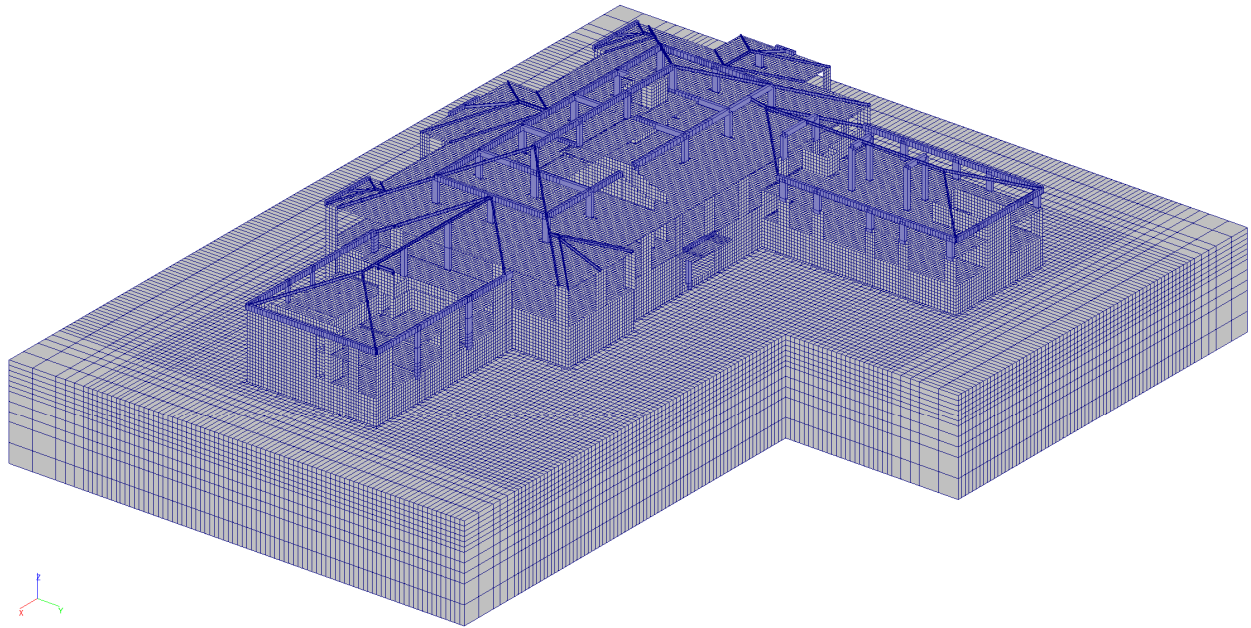


Рис.5. Скінченно-елементна модель будівлі з ґрунтовим масивом.  
Fig.5. Finite-element model of a building with a soil massif.

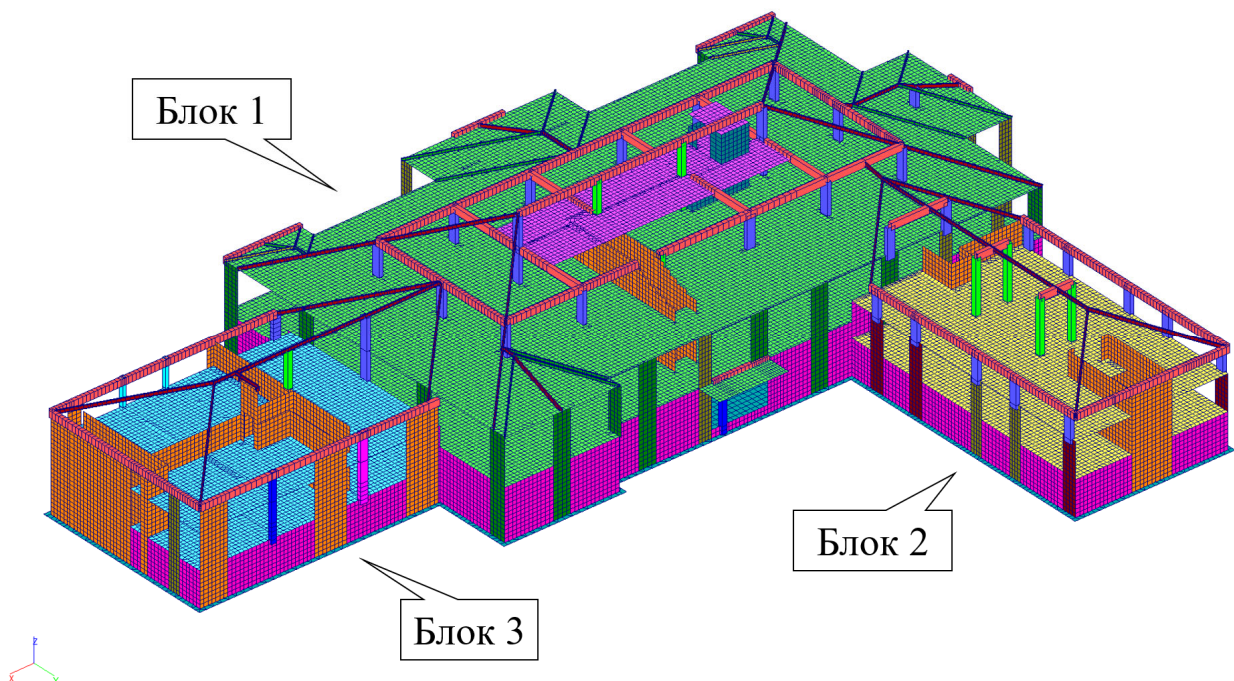


Рис.6. Скінченно-елементна модель несучих конструкцій будівлі.  
Fig.6. Finite-element model of bearing structures of the building.

Необхідність дослідження даного питання виникло з наступних міркувань:

- з одного боку влаштування деформаційних швів потрібне, так як будівля досить протяжна з відгалуженими у плані частинами і присутня велика відмінність у навантаженні між її блоками. Тому для кращої роботи фундаментів пропонувався варіант з влаштуванням деформаційного шва;
- з іншого боку будівля складної конфігурації в плані з суцільною покрівлею, яка дуже чутлива до різниці осідань різних блоків і поява деформацій у вигляді тріщин на покрівлі призведе до замочування внутрішнього простору атмосферними опадами і тому для «перехоплення» цих деформацій краще зробити залізобетонні конструкції стін підвалу, фундаментної плити і перекриття суцільними без деформаційних швів. Це, в свою чергу, дасть змогу сприйняти ними і перерозподілити додаткові напруження, які виникнуть в результаті різниці осідань різних блоків та не допустити прояву деформацій покрівельного килиму.

В результаті проведених розрахунків встановлено, що максимальні значення вертикальних деформацій фундаментної плити (осідання) не змінюються та становлять 18,0 мм, а от в зоні стику блоків будівлі відрізняються – у варіанті з деформаційним швом осідання зменшуються до 30 % (Рис.7, Рис.10). У варіанті без деформаційного шва «важчий» блок 1 «привантажує» за собою більш «легкі» блоки 2 і 3, тому осідання в даних зонах є більшими. Загалом відносна різниця осідань між різними блоками не перевищує допустимих значень, а додаткові розтягуючі напруження від цієї різниці осідань можна сприйняти відсотком армування в межах економічно доцільних значень (див. значення згинальних моментів на Рис.8,9). А, отже, це дозволяє зробити будівлю без деформаційних швів і сприйняти додаткові напруження від різниці осідань сумісною роботою перекриття і фундаментною плитою, які утворюють так звану просторову «балку Виренделля» та не доводити їх до конструкцій покрівлі.

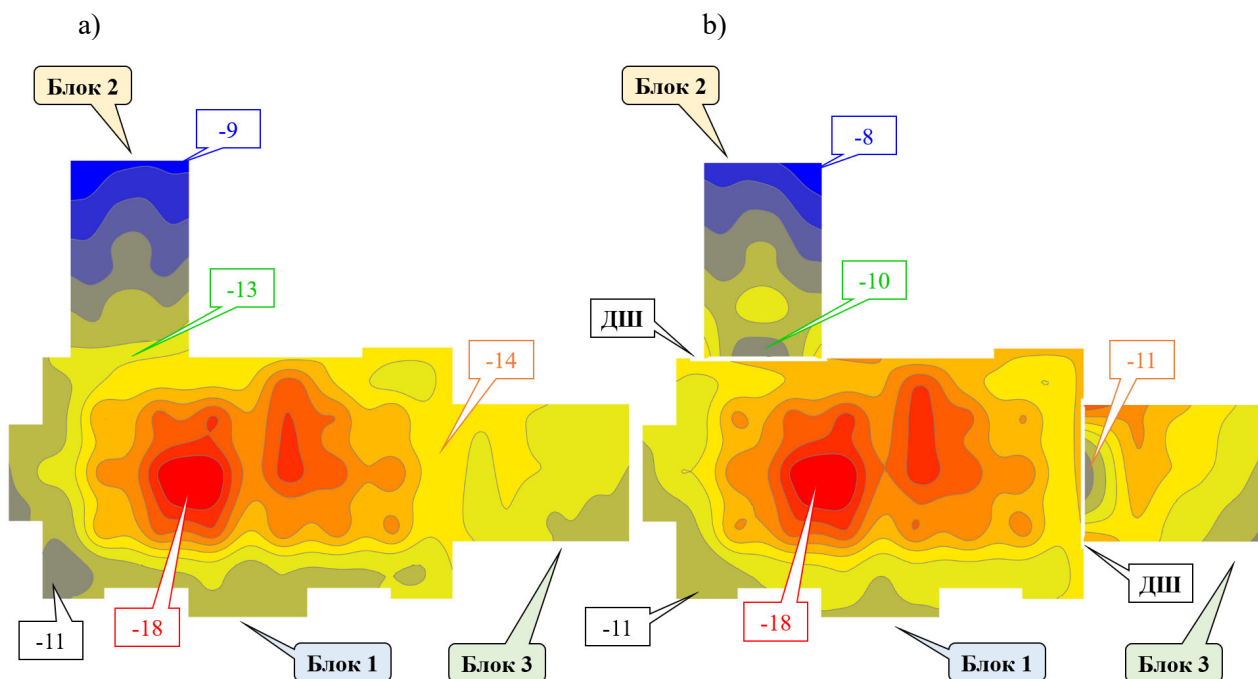


Рис.7. Ізополя вертикальних деформацій фундаментної плити (S, мм): а) без деформаційного шва (ДШ); б) з деформаційним швом (ДШ).

Fig.7. Isofields of vertical deformations of the foundation slab (S, mm): a) without deformation seam; b) with a deformation seam.



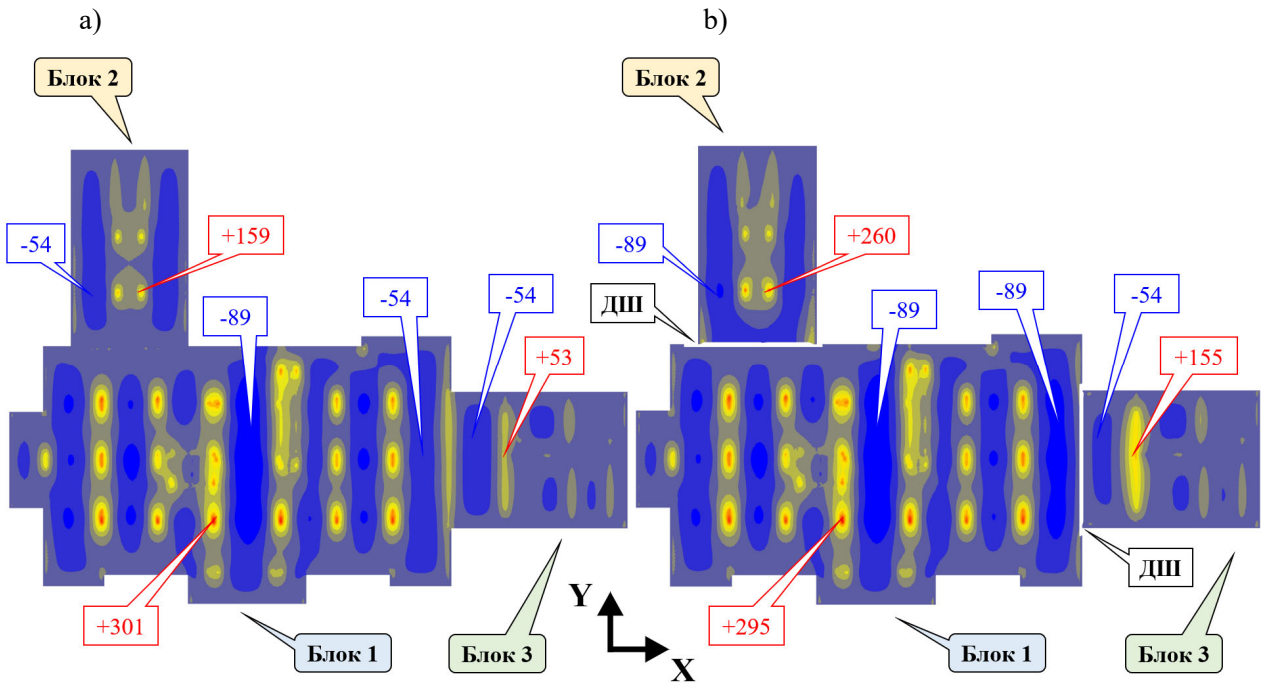


Рис.8. Ізополя згинальних моментів у фундаментній плиті в напрямку осі X ( $M_x$ , кН м/м):  
 a) без деформаційного шва (ДШ); b) з деформаційним швом (ДШ).

Fig.8. Isopoly of bending moments in the foundation slab in the direction of the X axis ( $M_x$ , кН m/m):  
 a) without deformation seam; b) with a deformation seam.

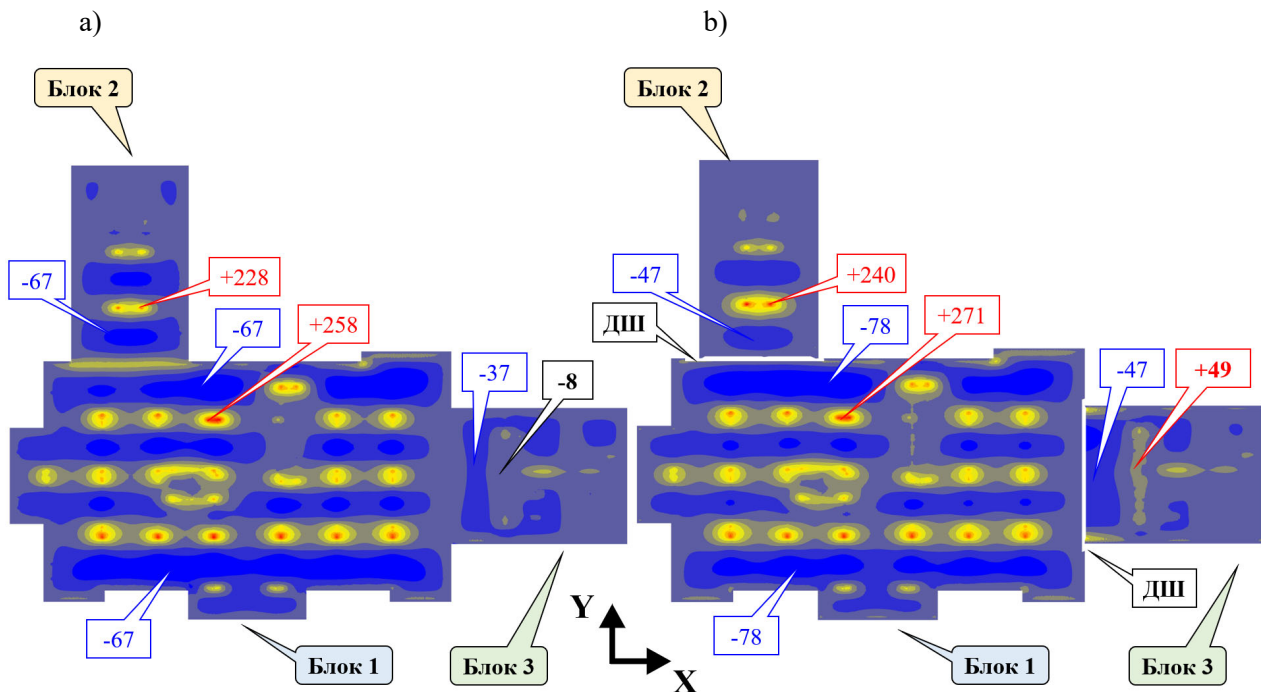


Рис.9. Ізополя згинальних моментів у фундаментній плиті в напрямку осі Y ( $M_y$ , кН м/м):  
 a) без деформаційного шва (ДШ); b) з деформаційним швом (ДШ).

Fig.9. Isopoly of bending moments in the foundation slab in the direction of the Y axis ( $M_y$ , кН m/m):  
 a) without deformation seam; b) with a deformation seam.

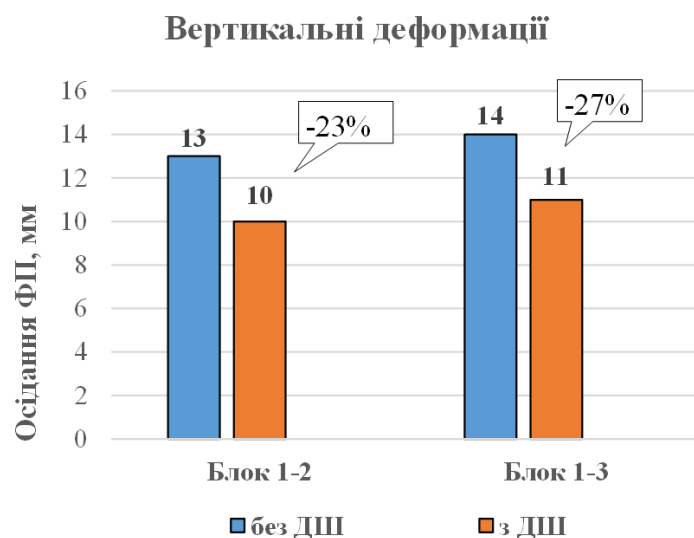


Рис.10. Осідання фундаментної плити, мм.  
Fig.10. Settlement of the base plate, mm.

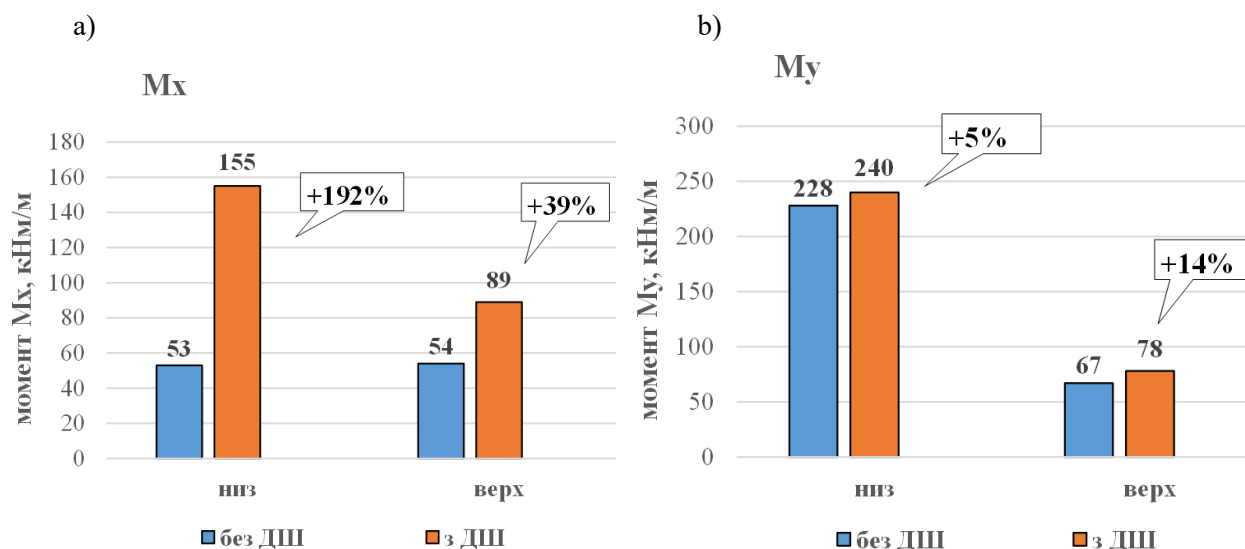


Рис.11. Згинальні моменти у фундаментній плиті (кН м/м): а) в напрямку осі X ( $M_x$ ) в зоні стику блоків 1-3; б) в напрямку осі Y ( $M_y$ ) в зоні стику блоків 1-2.  
Fig.11. Bending moments in the foundation slab (кН м/м): а) in the direction of the X axis ( $M_x$ ) in the area of blocks 1-3; б) in the direction of the Y axis ( $M_y$ ) in the area of blocks 1-2.

Також було проаналізовано зміну згинальних моментів у фундаментній плиті без деформаційного шва та з деформаційним швом. Результати наведені на Рис.8, 9, 11. В результаті розрахунків було встановлено, що в зонах фундаментної плити віддалених від стику блоків максимальні значення зги-

нальних моментів практично не змінюються та відрізняються в межах 5%. Значна відмінність спостерігається в зонах в безпосередній близькості біля стику блоків будівлі (зона влаштування деформаційних швів). Встановлено, що при влаштуванні деформаційного шва значення згинальних

моментів збільшуються як в нижній, так і у верхній зонах фундаментної плити, що приводить до збільшення її армування та збільшення вартості. Дане збільшення знаходиться в межах від 10% до 3-х разів.

При аналізі згинальних моментів у фундаментній плиті в напрямку осі X в зоні стику блоків 1-3, то видно, що при влаштування деформаційного шва значення моменту в нижній зоні збільшується на 192%, а у верхній зоні на 39 %. В місці стику блоків 1-2 значення згинального моменту у нижній зоні змінюється з 159 кН м/м на 260 кН м/м (а це збільшення на 63 %); у верхній зоні також відмічається збільшення на 65 % - з 89 кН м/м на 54 кН м/м.

Якщо ж розглянути картину перерозподілу згинальних моментів у фундаментній плиті в напрямку осі Y в зоні стику блоків 1-2, то видно, що при влаштування деформаційного шва значення моменту в нижній зоні збільшується лише на 5%, а у верхній зоні на 14 %, а в зоні стику блоків 1-3 відмічається зміна знаку згинальних моментів, розтягнута верхня зона переходить у розтягнуту нижню зону. Але тут варто відмітити, що самі значення є не великими та перекривається фоновою робочою арматурою. В різних точках блоку 1 також відмічено збільшення значення згинального моменту як в верхній так і в нижній зонах, наприклад у верхній значення збільшується до 17 % (з 67 кН м/м до 78 кН м/м).

Всебічний аналіз результатів досліджень дозволяє проектувати надійні та економічні рішення плитних фундаментів малоповерхових будівель складної конфігурації в плані.

## ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

Проведені дослідження дають змогу зробити наступні висновки:

Встановлено, що наявність деформаційних швів суттєво впливає на перерозподіл зусиль у фундаментній плиті складної конфігурації у малоповерхових будівлях.

Досліджено, що при влаштуванні деформаційних швів у фундаментній плиті відбувається збільшення згинальних моментів

у зонах віддалених від стику блоків будівлі з 5% до 20 %.

Встановлено, що суттєве збільшення згинальних моментів відбувається в зоні стику блоків будівлі. В даних зонах зафіксоване збільшення згинальних моментів від 10% до 3-х разів, що суттєво впливає на витрати армування фундаментної плити.

Показано, що влаштування деформаційних швів практично не впливає на максимальні значення осідання фундаментної плити. При влаштуванні деформаційних швів осідання менших за розмірами та легших за загальною вагою блоків будівлі зменшуються до 30%, але дані значення є не критичними та не виходять за межі допустимих значень. При цьому відносна різниця осідань між різними блоками не перевищує допустимих значень.

Влаштування будівлі без деформаційних швів та сприйняття додаткових напружень від різниці осідань за рахунок сумісної роботи монолітних залізобетонних перекриттів і фундаментної плити, які утворюють так звану просторову «балку Виренделя», дає змогу не допустити дані деформації до покриттів та запобігти появі тріщин і замочування внутрішнього простору споруди атмосферними опадами.

Тому, зважаючи на всі фактори, для малоповерхових будівель при влаштуванні плитних фундаментів складної конфігурації в плані рекомендовано влаштовувати варіант фундаментної плити без деформаційних швів. Таке рішення призводить до економії витрат матеріалів на влаштування фундаментної плити без зниження її надійності.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Винников Ю.Л. Порівняння осідань природних і армованих основ плитних фундаментів зернохосвищ / Ю.Л.Винников, І.І.Ларцева, В.І.Марченко // *Будівельні конструкції: міжвідомчий наук.-техн. зб.*—К.: НДІБК — 2011. — Вип. 75.—Кн. 2, С.45-52.
2. Винников Ю.Л. Розрахунок фундаментної плити силосів на армованій стохастичній основі / Ю.Л. Винников, М.О. Харченко, В.І. Марченко // *Мости та тунелі: теорія,*

- дослідження, практика. – Дніпро: ДНУЗТ, 2012.– Вип. 3. – С. 26 – 32.
3. Жук В.В. До розрахунків спільної роботи будівлі з ґрунтовою основою в умовах нерівномірних деформацій. / В.В. Жук, В.Л.Підлуцький // *Основи та фундаменти: міжвідомчий науково-технічний збірник*. – К.: КНУБА. – 2015. – Вип. 36. – С. 9-17.
  4. Жупаненко І. Чисельний аналіз методів розрахунку ґрунтової основи та методів визначення коефіцієнтів постелі. / І.Жупаненко // *Основи та фундаменти: Науково-технічний збірник*. – К.: КНУБА. – 2020. – Вип. 41. – С. 64-71.  
DOI: 10.32347/0475-1132.41.2020.64-71
  5. Корнієнко М.В. Особливості геодезичного моніторингу будівель на плитних фундаментах. / М.В.Корнієнко, В.В.Жук, І.С.Чегодаєв, С.В.Поклонський // *Будівельні конструкції: міжвідомчий наук.-техн. зб.* – К.: НДІБК – 2016. – Вип.83. – Кн.2, С.606-615.
  6. Маєвська І.В. Оптимізація плитних фундаментів за витратами матеріалів / І.В.Маєвська, Н.В.Блащук, Г.В.Маєвський // *Основи та фундаменти: міжвідомчий науково-технічний збірник*. – К.: КНУБА. – 2015. – Вип. 37. – С.352-362.
  7. Основи і фундаменти будівель та споруд. ДБН В.2.1-10:2018. – К.: Мінрегіон України, 2018. – 36с.
  8. Підлуцький В.Л. Формування НДС у фундаментах зерносушильних комплексів при зміні параметрів ґрунтів. / В.Л.Підлуцький, О.В.Литвин // *Основи та фундаменти: Науково-технічний збірник*. – К.: КНУБА. – 2020. – Вип. 41. – С. 55-63.  
DOI: 10.32347/0475-1132.41.2020.55-63
  9. Pidlutskyi V. (2017) Research of the interaction of piles with different lengths and the grillage in the foundations of high-rise buildings / V.Pidlutskyi, I.Boyko, V.Nosenko // *Civil and environmental engineering reports CEER*. Poland. – 2017. – 26 (3). P.59-68. <https://doi.org/10.1515/ceer-2017-0035>
  2. Vynnykov Y.L., Kharchenko M.O., Marchenko V.I. (2012). Rozrakhunok fundamentnoi plyty sylosiv na armovanii stokhastychnii osnovi [Design of foundation plate of grain silage on reinforced stochastic soil base]. *Mosty ta tuneli: teoriia, doslidzhennia, praktyka*. Dnipro: DNURT, 2, 26-32 (in Ukrainian).
  3. Zhuk V.V., Pidlutskyi V.L. (2015). Do rozrakhunkiv spilnoi roboty budivli z hruntovoiu osnovoiu v umovakh nerivnomirnykh deformatsii [To the calculation of soil–foundation–structure interaction in conditions of nonuniform deformations]. *Osnovu ta fundamenty: mizhvidomchyi naukovo-tekhnichnyj zbirnyk*. Kyiv: KNUBA, 36, 9-17 (in Ukrainian).
  4. Zhupanenko I. (2020). Chyselnyi analiz metodiv rozrakhunku gruntovoi osnovy ta metodiv vyznachennia koefitsientiv posteli [Numerical analysis of methods for calculating the soil base and methods for determining bed coefficients]. *Osnovu ta fundamenty: Naukovo-tekhnichnyj zbirnyk*. Kyiv: KNUBA, 41, 64-71 (in Ukrainian). DOI: 10.32347/0475-1132.41.2020.64-71
  5. Korniienko M.V., Zhuk V.V., Chehodaiev I.S., Poklonskyi S.V. (2016). Osoblyvosti heodezychnoho monitorynhu budivel na plytnykh fundamentakh [Features of geodetic monitoring of buildings on slab foundations]. *Budivelni konstruktzii: mizhvidomchyi na-uk.-tekhn. zb.* Kyiv: NDIBK, 83(2), 606-615 (in Ukrainian).
  6. Maievska I.V., Blashchuk N.V., Maievskyi G.V. (2015). Optyimizatsiia plytnykh fundamentiv za vytratamy materialiv [Optimization of slab foundations for material costs]. *Osnovu ta fundamenty: mizhvidomchyi naukovo-tekhnichnyj zbirnyk*. Kyiv: KNUBA, 37, 352-362 (in Ukrainian).
  7. Osnovy i fundamenty budivel ta sporud. DBN V.2.1–10:2018. (2018). Kyiv: Minregion Ukrayiny, 36 (in Ukrainian).
  8. Pidlutskyi V.L., Lytvyn O.V. (2020). Formuvannia NDS u fundamentakh zernosushlynykh kompleksiv pry zmini parametriv hruntiv [Formation of stress-strain state in the foundations of grain drying complexes when changing soil parameters]. *Osnovu ta fundamenty: Naukovo-tekhnichnyj zbirnyk*. Kyiv: KNUBA, 41, 55-63 (in Ukrainian). DOI: 10.32347/0475-1132.41.2020.55-63

## REFERENCES

1. Vynnykov Y.L., Lartceva I.I., Marchenko V.I. (2011). Porivniannia osidan pryrodnykh i armovanykh osnov plytnykh fundamentiv zernoskhovyshch [Comparison of subsidence of natural and reinforced bases of slab foundations of granaries]. *Budivelni konstruktzii: mizhvidomchyi na-uk.-tekhn. zb.* Kyiv: NDIBK, 75(2), 45-52 (in Ukrainian).

9. Pidlutskyi V., Boyko I., Nosenko V. (2017) Research of the interaction of piles with different lengths and the grillage in the foundations of high-rise buildings. *Civil and environmental engineering reports CEER*. Poland. 26 (3). 59-68. <https://doi.org/10.1515/ceer-2017-0035>

**Investigation of force redistribution in the foundation slab of complex configuration in low-rise buildings**

*Vasyl Pidlutskyi,  
Oleksandr Lytvyn*

**Summary.** A study of the redistribution of forces in the foundation slab of a complex configuration in the plan for the installation and non-installation of deformation seams between blocks of low-rise building using numerical simulation by the finite element method (FEM). Two variants of the foundation slab are considered - with the installation and non-installation of deformation seams.

Due to the large difference in loads in different rooms and areas of the building to prevent uneven deformation of the bases as a foundation was adopted monolithic reinforced concrete foundation slab type with a thickness of 400 mm. The frame of the building is monolithic reinforced concrete with vertical load-bearing elements in the form of columns, pylons and walls, which are united by monolithic floor slabs, which create stiffness disks.

The basis for the slab foundation are sandy soils dusty and small, medium density with lenses of plastic sands.

After the calculations, the stress-strain state (SSS) of the foundation structures of the building was analyzed, namely: subsidence of the foundation slab, redistribution of bending moments in the foundation slab in the X and Y directions and selected the appropriate area of working reinforcement of the foundation slab. As a result of calculations, it was found that the presence of deformation seams significantly affects the redistribution of forces in the foundation slab of complex configuration in low-rise buildings. When installing them, there is an increase in bending moments in areas away from the junction of building blocks from 5% to 20%. A significant increase in bending moments occurs in the joint zone of the building blocks when installing deformation seams. In these areas, an increase in bending moments from 10% to 3 times, which significantly affects the cost of reinforcement of the foundation slab. It is also shown

that the device of deformation seams practically does not affect the maximum values of subsidence of the foundation slab.

Therefore, for low-rise buildings it is recommended to arrange a version of the foundation slab without deformation seams.

**Key words.** Slab foundation, deformation seam, bending moments, deformations, numerical modeling.