

УДК 624.151.6

*В.М. Чирва, к.т.н., доцент
О.І. Валовой, к.т.н., професор
К.М. Романенко, асистент*

Криворізький національний університет

**ДОСЛІДЖЕННЯ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ
ФУНДАМЕНТНОЇ ПЛИТИ ГОТЕЛЬНО-ЖИТЛОВОГО
КОМПЛЕКСУ ТА РОЗРАХУНОК НЕРІВНОМІРНОГО ОСІДАННЯ ЇЇ
ОСНОВ В ПРОГРАМНОМУ КОМПЛЕКСІ «ЛІРА»**

Наведено результати обстеження готельно-житлового комплексу в м. Київ. Виконано розрахунок нерівномірного осідання основ. Результати розрахунків порівняно з результатами обстеження.

Ключові слова: *результати обстеження, математичне моделювання, розрахунок, напружено-деформований стан.*

УДК 624.151.6

*В.Н. Чирва, к.т.н., доцент
А.І. Валовой, к.т.н., професор
Е.Н. Романенко, асистент*

Криворожский национальный университет

**ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО
СОСТОЯНИЯ ФУНДАМЕНТНОЙ ПЛИТЫ ГОСТИНИЧНО-
ЖИЛИЩНОГО КОМПЛЕКСА И РАСЧЕТ НЕРАВНОМЕРНОГО
ОСЕДАНИЯ ЕЕ ОСНОВ В ПРОГРАММНОМ КОМПЛЕКСЕ «ЛИРА»**

Приведены результаты обследования гостинично-жилищного комплекса в г. Киев. Выполнен расчет неравномерного оседания основ. Результаты расчетов сопоставлены с результатами обследования.

Ключевые слова: *результаты обследования, математическое моделирование, расчет, напряженно-деформированное состояние.*

UDC 624.151.6

*V.N. Chirva, PhD, Associate Professor
A.I. Valovoy, PhD, Professor
K.N. Romanenko, assistant
Kryvyi Rih National University*

**RESEARCH OF STRAIN-STRESS STATE OF FOUNDATION PLATE
OF HOTEL-RESIDENTIAL COMPLEX AND CALCULATION
OF NONUNIFORM SETTLEMENT OF ITS BASEMENT
IN PROGRAM COMPLEX “LIRA”**

The results of inspection of hotel-residential complex in Kyiv are given. The calculation of nonuniform settlement of its basement is carried out. Calculation results are compared with the results of inspection.

Keywords: *results of inspection, mathematical modeling, calculation, strain-stress state.*

Вступ. При зведенні будівель та споруд важливу, якщо не головну, роль відіграє фундамент. Основним його завданням є сприйняття навантажень від стін будівлі й розміщених вище конструкцій, передача їх основи та протидія виштовхуючим силам ґрунтів. Від його якості й надійності залежить довголіття будинку та захист від складних і матеріалоємних ремонтів у майбутньому. Тому до його закладання необхідно підходити з усією відповідальністю.

У практиці, на жаль, зустрічаються випадки, коли ще на стадії будівництва в фундаменті з'являються тріщини. Виникнення їх у фундаментних плитах можливе при осіданні основ та виникненні непередбачуваних проектом напружень. Для прогнозування подальшого розкриття тріщин, а також проектування відновлення й підсилення фундаментів необхідне вивчення їх напружено-деформованого стану.

Таким чином, дослідження міцності та особливостей напружено-деформованого стану фундаментних плит є актуальним питанням.

Огляд останніх джерел досліджень і публікацій. Вивченню питань напружено-деформованого стану залізобетонних конструкцій присвятили свої роботи Л.В. Афанасьєва, А.Я. Барашиков, С.В. Бондаренко, Б.А. Боярчук, О.І. Валовой, О.Б. Голишев, О.Д. Журавський, П.И. Кривошеєв, Е.Ф. Лисенко, Г.А. Молодченко, Л.А. Мурашко, Й.П. Новаторський, Р.С. Санжаровський, П.О. Сунак, Г.Н. Хайдуков, О.Л. Шагін, В.С. Шмуклер, А. Касасбех, Г.В. Чанг, Л.М. Лі, М.А. Максур та інші. Автори статті досліджували напружено-деформований стан фундаментної плити багатоповерхового готельно-житлового комплексу на стадії незавершеного будівництва.

Постановка мети і завдань дослідження. Метою поставлених досліджень є здійснення математичного експерименту відповідно до чинних норм та з'ясування ступеня відповідності результатів розрахунків результатам обстеження фундаментної плити готельно-житлового комплексу в м. Київ.

Основний матеріал і результати. Методами досліджень є аналіз наявної технічної документації, даних, отриманих під час обстеження фундаментної плити готельно-житлового комплексу, моделювання фундаментної плити та проведення математичних експериментів у програмному комплексі «ЛІРА».

Об'єкт обстеження – незавершене будівництво готельно-житлового комплексу з приміщеннями соціально-побутового призначення в м. Київ.

Будинок складної у плані форми складається з двох секцій, кожна секція складається з трьох гілок із загальними розмірами 20,6×18,3 м. Будинок на період проведення технічного обстеження має 14 поверхів (у т.ч. паркінг на відм. -5,250 та технічний поверх). Будинок каркасний з діафрагмами жорсткості. Перекриття – монолітні залізобетонні. Сходи – монолітні залізобетонні. Перемички – збірні залізобетонні.

У геоморфологічному відношенні ділянка забудови знаходиться в межах морено-зандрової рівнини і являє собою замкнену низовину з ускладненим поверхневим стоком.

У геологічному розрізі майданчика, особливо у верхній частині, переважають глинисті ґрунти. Такі особливості геоморфологічних умов та геологічної будови призвели до того, що ділянка забудови підтоплена ґрунтовими водами, а в періоди великих опадів і сніготанення можливе й підтоплення паводковими водами.

Інші несприятливі фізико-геологічні процеси і явища на майданчику забудови відсутні.

У верхній частині геологічного розрізу майданчика до глибини 10,5 – 21,0 м переважають елювіально-делювіальні глинисті ґрунти м'якопластичної та текучопластичної консистенції, місцями з рослинними залишками, що мають велику стисливість і невелику несучу здатність. Як зазначено у звіті про інженерно-геологічні дослідження: «якщо ці ґрунти будуть використовуватись як несучі для фундаментів споруд, то треба передбачити заходи проти нерівномірних осідань основи».

Слід зауважити, що як основу для палевих фундаментів рекомендовано шари ґрунтів ІГЕ-12, ІГЕ-13 і ІГЕ-14, представлених напівтвердими суглинками і неогеновими «строкатими» глинами, або неогенових щільних пісків ІГЕ-18 залежно від необхідної несучої здатності палів.

Тип фундаменту та його конструктивні особливості визначено як буро-ін'єкційні монолітні залізобетонні палі, об'єднані монолітною залізобетонною плитою.

Підземні води в межах ділянки забудови представлені двома водоносними горизонтами.

Перший міститься у піщано-глинистих елювіально-алювіальних відкладах, глибина залягання якого за даними вишукувань 2005 р. становить 0,8 – 2,8 м, що відповідає абсолютним відміткам 177,00 – 178,50 м, а у 2007 році – на глибині 1,8 – 2,3 м, що відповідає абсолютним відміткам 175,20 – 175,60 м. Коливання рівня підземних вод пояснюється нерівномірністю кількості опадів за роками та сезонами року, в яких виконувалися вишукування.

Живиться цей водоносний горизонт за рахунок інфільтрації атмосферних опадів, і після несприятливих періодів великих опадів чи сніготанення можливе сезонне підняття рівня підземних вод на 1,5 м від спостереженого у 2005 році – фактично до поверхні землі.

Другий водоносний горизонт міститься в неогенових пісках полтавської свити. Він відокремлений від поверхні й першого водоносного горизонту багатометровою товщею водотривких водольодовикових суглинків і може мати невеликий напір.

За даними хімічного аналізу підземні води слабоагресивні за водневим показником рН і вмістом агресивної вуглекислоти по відношенню до бетону марки W4.

Можливий рівень сезонного підтоплення ділянки забудови паводковими водами необхідно визначити гідрологічними розрахунками.

При проходці котлованів рекомендовано передбачити кріплення їх стінок, а нижче рівня підземних вод – водовідлив.

Нормативна глибина сезонного промерзання ґрунтів становить 1,1 м.

Відповідно до норм [1, таблиця 1.1], ґрунти на ділянці забудови належать до III категорії за сейсмічними властивостями.

За конструктивною схемою будівля – каркасна (рис.1).



Рис. 1. Вигляд будівлі під час обстеження

Остов її в межах поверхів складають залізобетонні колони і діафрагми різних перерізів. Колони вздовж осей розміщено з різним кроком. Колони – безконсольні.

Фундаменти під залізобетонними колонами і діафрагмами – монолітна залізобетонна плита товщиною 1500 мм. Перекриття запроєктоване з монолітного залізобетону. Товщина плити переkritтя складає 200 мм. У центральній частині будівлі влаштовано монолітні залізобетонні діафрагми товщиною 300 мм.

На час проведення обстеження було виявлено тріщини в монолітній залізобетонній фундаментній плиті із шириною розкриття і довжиною, більшими, ніж допустимі за нормативними документами. Процес утворення пошкоджень почався на стадії будівництва споруди.

У процесі проведення обстеження осідань несучих колон не зафіксовано, однак виявлені вертикальні тріщини можуть указувати на нерівномірні осідання окремих ділянок. За умови технічного обстеження будівлі досліджувались існуючі фундаменти на предмет визначення фізико-механічних властивостей та конструкції самих фундаментів.

Результати технічного обстеження будинку. При проведенні технічного обстеження встановлено, що залізобетонна фундаментна плита має товщину 1500 мм. Для уточнення її товщини було використано спеціальне обладнання фірми «HILTI», за допомогою якого методом забурювання гільзи висотою 400 мм з алмазною коронкою з подальшим використанням насадок отримано бетонні циліндри. Як показали результати досліджень (рис. 2 і 3), товщина фундаментної плити та її армування відповідають прийнятим проектним рішенням. Подальші випробування взятих із фундаментної плити бетонних зразків показали, що по висоті бетон фундаментної плити має різні фізико-механічні показники. Для випробувань бетонні зразки виготовлено діаметром 105...106 мм, висотою 100 мм.



Рис. 2. Буріння фундаментної плити установкою Hilti буром 100 мм



Рис. 3. Керни, висвердені з фундаментної плити установкою Hilti

При виконанні технічного обстеження встановлювались основні можливі причини виникнення тріщин у фундаментній плиті, а саме:

- 1) тріщини у фундаментній плиті мають силовий характер;
- 2) виникнення тріщин спричинили нерівномірні осідання фундаментної плити;
- 3) тріщини в плиті виникли з причини впливу температурного режиму як у процесі виконання робіт (технологічні), так і після їх завершення (експлуатаційні).

Перший пункт досліджень на самому початку технічного обстеження не знаходить підтвердження, тому що тріщини виникли на стадії влаштування фундаментів (паль і плит), коли величини навантажень були далекими від розрахункових. Виконані перевірні розрахунки підтвердили зазначені вище положення. Разом із вони не підтвердили вплив температурних факторів на утворення тріщин.

Ураховуючи отриманий у процесі попередніх технічних обстежень характер розвитку тріщин у тілі фундаментної плити, можна констатувати, що на ділянці будівництва є нерівномірні осідання основ. Їх причиною є наявність послаблених шарів ґрунтів в основі фундаментів і високого рівня ґрунтових вод.

Виконані перевірні розрахунки на несучу здатність паль показали, що за ідеальних умов експлуатації палі мають достатню несучу здатність. Необхідно зауважити, що несуча здатність буроін'єкційних паль забезпечується боковим тертям залізобетонного тіла і шарів ґрунту, а також опорною частиною ґрунту в основі палі. На початковій стадії влаштування палі довжиною 25 м і діаметром 62 см повна вага такої конструкції складає приблизно 20 т. За наявності ґрунтових вод на всій довжині палі перша складова, яка забезпечує несучу здатність, – бокове тертя – відсутня. Стає очевидним, що при такому навантаженні напруження в основі перевищують допустимі чинними нормами. Таким чином, уже на початковій стадії влаштування палі виникає її просідання. Про це, зокрема, свідчать матеріали технічної документації в розділі змін до проекту, які стосуються зміни конструктиву окремих паль у напрямі їх нарощування. Отже, стає очевидним той факт, що під час виконання будівельно-монтажних робіт процеси просідання паль були явними.

Із часом при відтоку води від залізобетонних паль в основах відбулися процеси зрощення їх із шарами ґрунту і фактично несуча здатність паль стала забезпеченою. Про це, зокрема, свідчать матеріали випробувань паль.

Розрахунок по несучій здатності одинарної палі в основі при замочуванні

Несуча здатність палі:

$$F_d = 0,8 \cdot 1 \cdot 0,30 \cdot 3019,1 = 72,454 \text{ кН.}$$

Розрахунок нерівномірного осідання основ

Основні параметри, які задаються під час розрахунків, наведено на рис. 4 – 6.

Вертикальная нагрузка на фундамент	4200	т
Глубина заложения фундамента	0.1	м
Форма фундамента:		
<input checked="" type="radio"/> Прямоугольный	<input type="radio"/> Круглый	
Меньшая сторона фундамента	20	м
Отношение сторон фундамента	1	
Удельный вес грунта выше подошвы фундамента	0.1	т/м ³
Соотношение давлений для ограничения глубины сжимаемой толщи	0.2	
Количество слоев грунта	12	
Характеристики основания:		
Номер текущего слоя	12	
Модуль деформации слоя	3500	т/м ²
Коэффициент Пуассона слоя	0.35	
Толщина слоя	11.2	м
Удельный вес грунта	2.12	т/м ³

Рис. 4. Визначення параметрів пружної основи

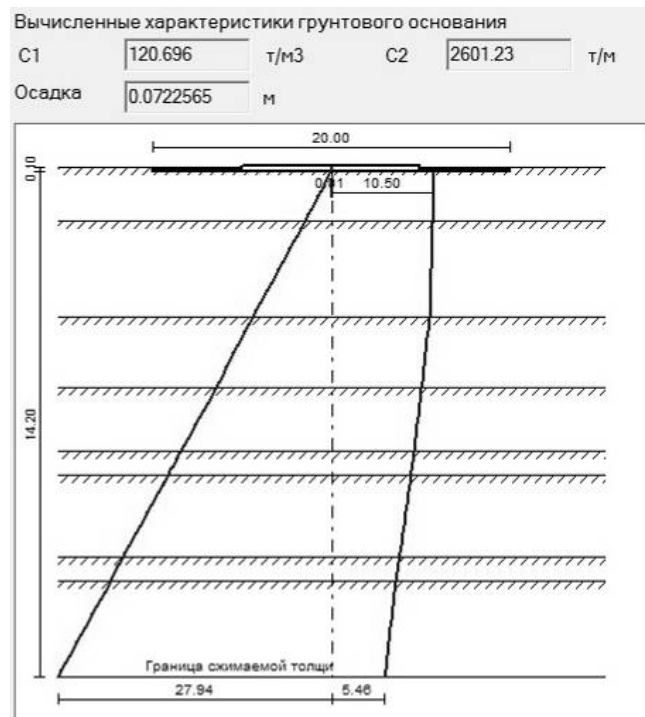


Рис. 5. Схеми розподілу вертикальних напружень

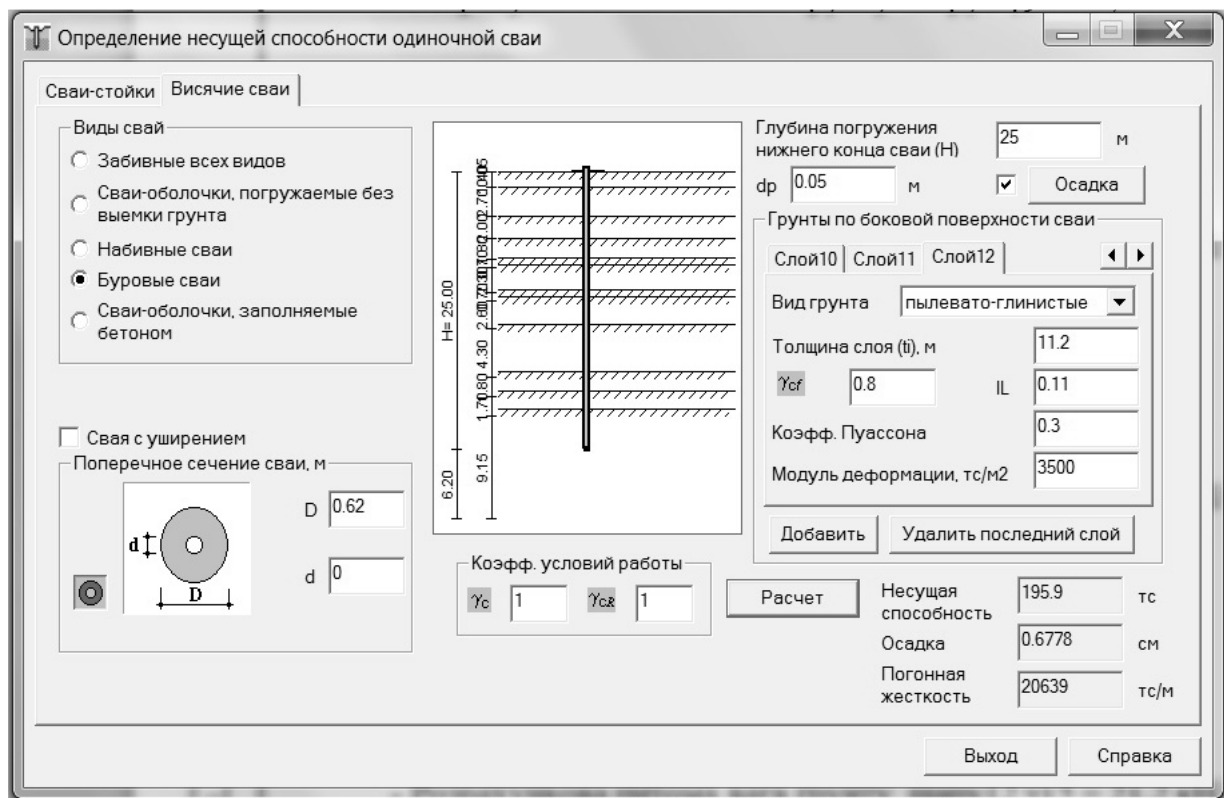


Рис. 6. Визначення несучої здатності одиночної палі

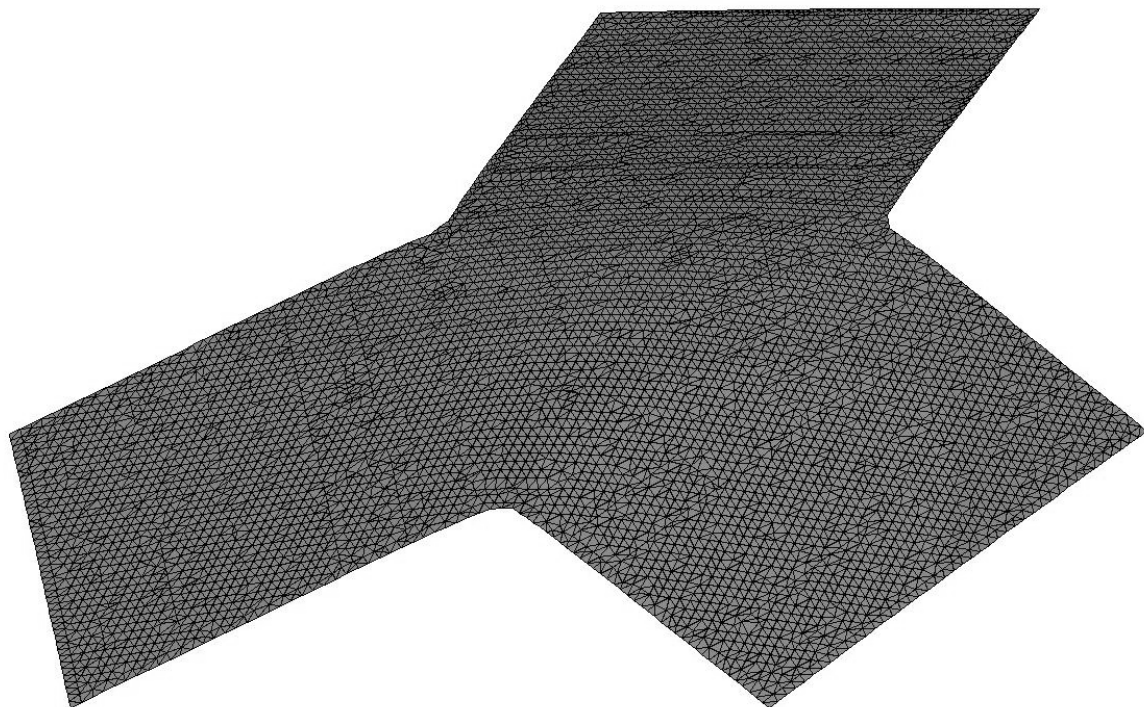


Рис. 7. Розрахункова схема фундаментної плити

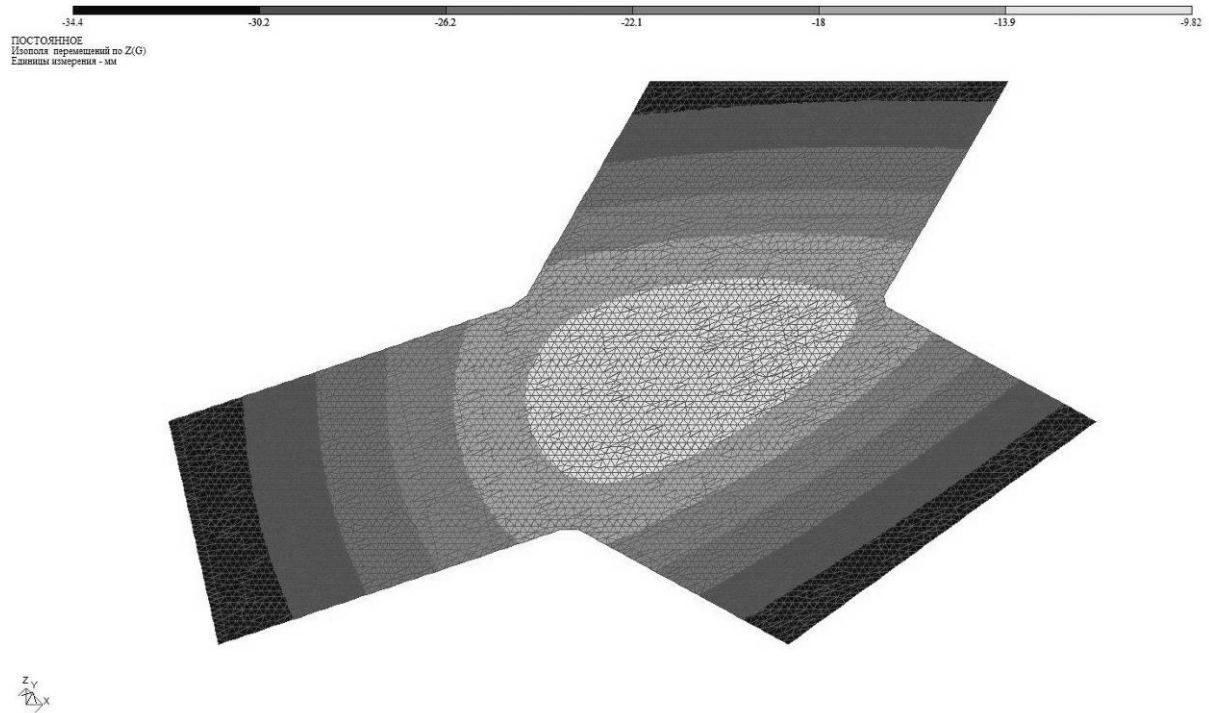


Рис. 8. Характер нерівномірних осідань

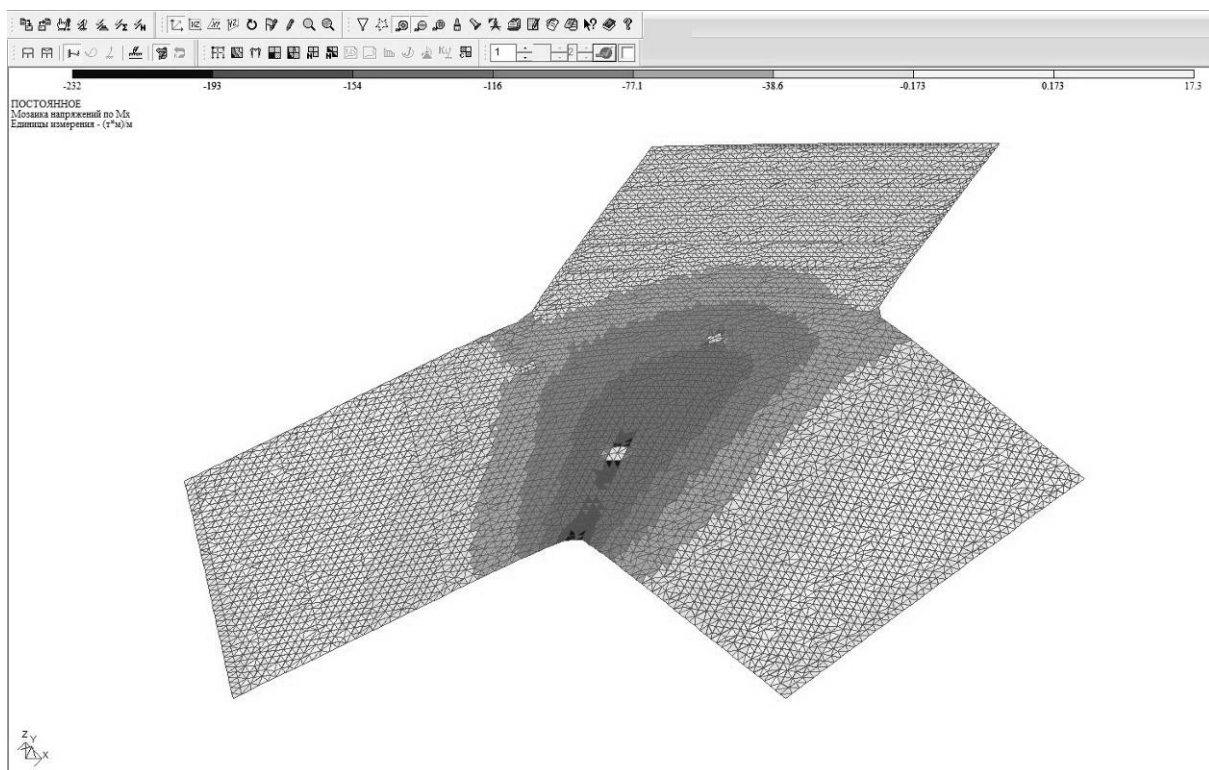


Рис. 9. Епюра напружень по осі OX

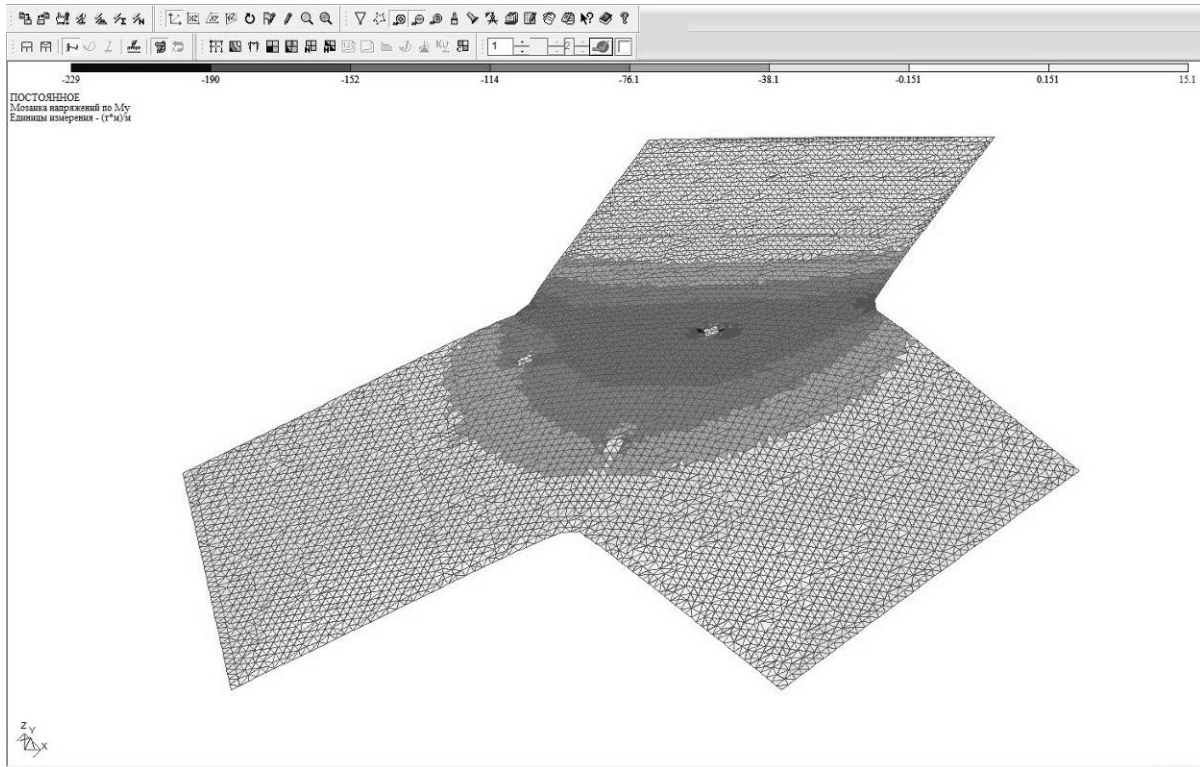


Рис. 10. Епюра напружень по осі OY

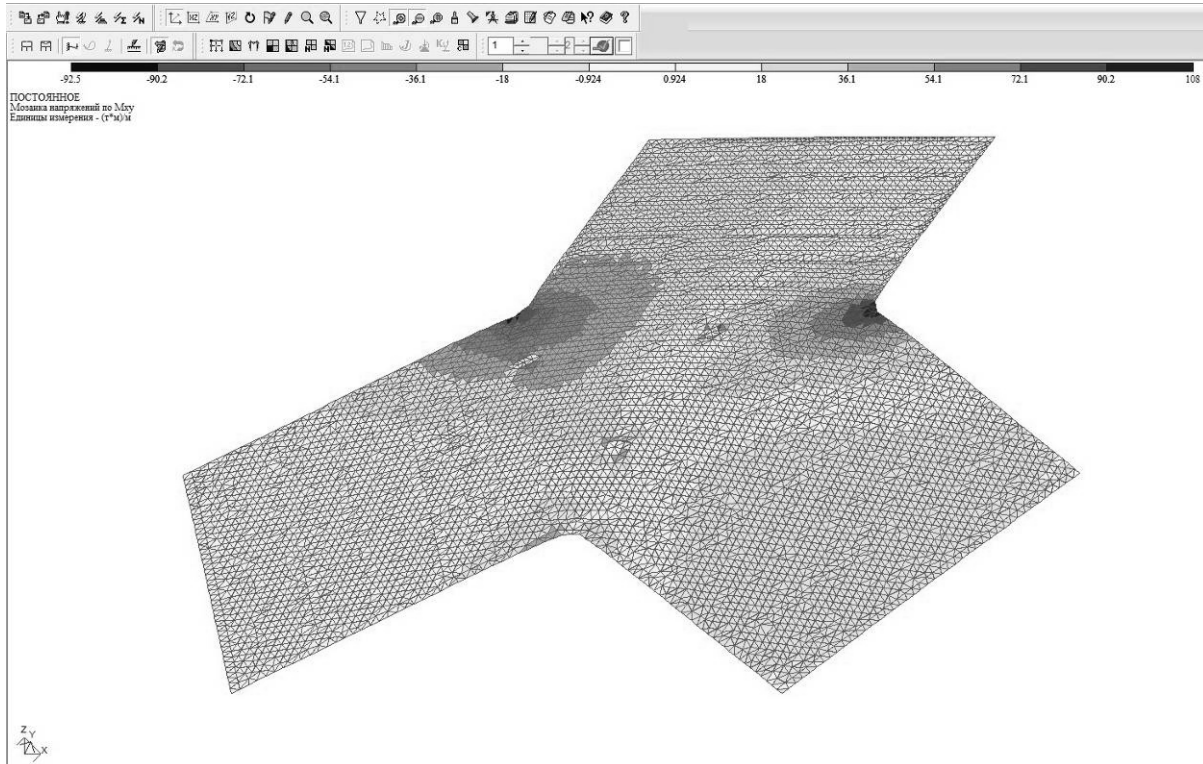


Рис. 11. Епюра дотичних напружень

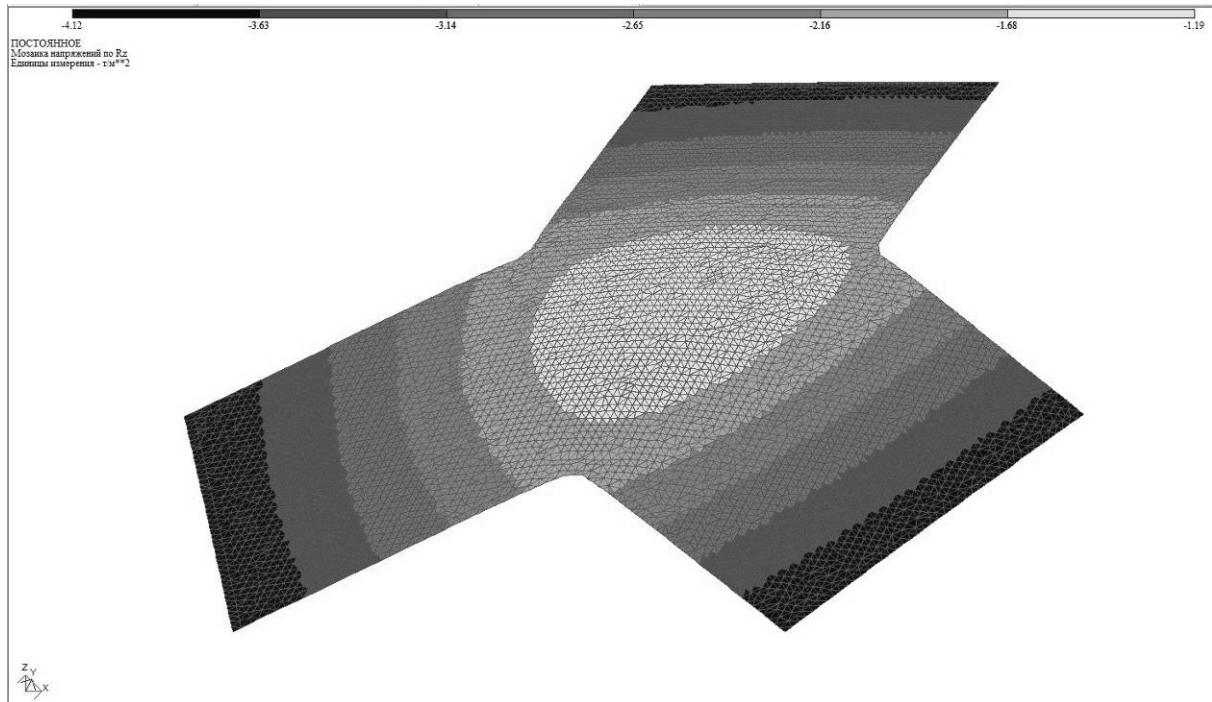


Рис. 12. Епюра вертикальних зусиль

На рис. 8 наведено характер нерівномірного осідання, а на рис. 9 –12 – епюри напружень та зусиль у фундаментній плиті. При такому нерівномірному осіданні утворюються тріщини, характер яких збігається з наявними.

Проведені теоретичні дослідження вказують на те, що поведінка паль в основах за таких показників ґрунтів має непередбачуваний характер. Тому при проектуванні необхідно зважити на такий можливий стан, а будівельно-монтажні роботи слід виконувати, суворо дотримуючись указівок.

Згідно з проведеними дослідженнями встановлено що клас бетону фундаментної плити становить В20...В30.

Висновки. Аналізуючи результати дослідження, можна зробити висновки, що при проектуванні фундаментів в аналогічних умовах необхідно забезпечити несучу здатність паль на стадії їх улаштування. А для усунення дефектів та пошкоджень, які виникли в досліджуваній фундаментній плиті, необхідним є проведення заходів щодо підсилення та відновлення експлуатаційних властивостей. Отже, метою подальших досліджень є пропонування оптимальних методів підсилення фундаментної плити багатоповерхового готельно-житлового комплексу.

Література

- 1. Будівництво в сейсмічних районах України: ДБН В.1.1-12:2006. – [Чинний від 2007-01-02]. – К.: Міністерство будівництва, архітектури та житлово-комунального господарства України, 2006. – 84 с. – (Державні будівельні норми України).*
- 2. Норми проектування. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Навантаження і впливи: ДБН В.1.2-2:2006. [Чинний від 2007.01.01]. – К., 2006. – 60 с.*
- 3. ЛИРА 9.2. Примеры расчета и проектирования. Учебное пособие. М.С. Барабаш, Ю.В. Гензерский, Д.В. Марченко, В.П. Титок. – К.: Факт, 2005. – 106 с.: ил.*
- 4. Комп'ютерні технології проектування залізобетонних конструкцій: навч. посіб. / Ю.В. Верюжський, В.І. Колчунов, М.С. Барабаш, Ю.В. Гензерський. – К.: Книжкове вид-во НАУ, 2006. – 808 с.*

*Надійшла до редакції 24.10.2013
© В.М. Чирва, О.І. Валовой, К.М. Романенко*