

НАУКОВИЙ СУПРОВІД ОБ'ЄКТУ НЕЗАВЕРШЕНОГО БУДІВНИЦТВА З НЕСУЧИМИ СТІНАМИ НА ГРАНИЧНІ СЕЙСМІЧНІ НАВАНТАЖЕННЯ В М.ОДЕСА

Барабаш М.С.
ТОВ «ЛІРА САІР

Максименко В.П., Башинський Я.
НДІ будівельного виробництва
м. Київ, Україна

АНОТАЦІЯ: Наведено результати оцінки несучої здатності будинку з несучими стінами при граничних сейсмічних навантаженнях з урахуванням нелінійної роботи залізобетону.

АННОТАЦИЯ: Приведены результаты оценки несущей способности дома с несущими стенами при граничных сейсмических воздействиях с учетом нелинейной работы железобетона.

ABSTRACT: The paper presents evaluation results for bearing capacity of the building with load-bearing walls in Odessa under ultimate earthquake loads with account of nonlinear behaviour of reinforced concrete.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: граничне сейсмічне навантаження, фундаментна плита, діафрагма.

Для повного та достовірного опису напружено-деформованого стану будь-якої будівлі, необхідно з високою точністю визначити зовнішні впливи та їх характер. Розрахунок висотних будівель на сейсмічні впливи виконується в частотній області лінійно-спектральним методом за окремими формами коливань будівлі. При цьому початковими даними є параметри, які отримані обробкою акселерограм: інтенсивність впливу; спектральний склад впливу (визначається коефіцієнтами динамічності, залежно від періодів коливань будівлі, за відповідними графіками); орієнтацією впливу (є найбільш небезпечною, яка реалізує максимум

динамічної реакції споруди) та рівень ротації впливу.

Проектування житлового будинку з несучими стінами висотністю більше 50 м (+80,7 м - відмітка плити покриття останнього технічного поверху) при 24 наземних поверхах в регіонах з підвищеною сейсмічністю у відповідності з вимогами нового ДБН В.1.1-12-2014 [4] потребує наукового супроводу. Інститутом НДІБВ виконані перевіірочні розрахунки конструктивної схеми запроектованої КП «БУДОВА» Секції-1 житлового комплексу по вул. Люстдорська дорога в м. Одеса на етапі проектування. Розглянемо деякі результати проведених перевіірочних розрахунків [7]. Конструктивна схема будинку з несучими стінами товщиною 20 см, 40 см виконаними в тунельній опалубці представлена на рис. 1.

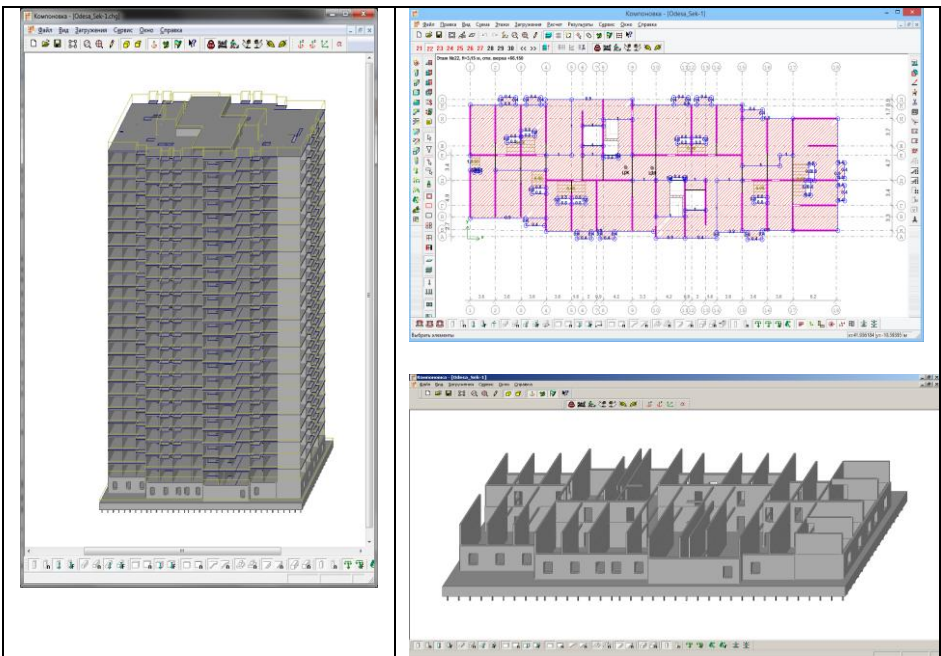


Рис. 1. 3Д схема будинку, підвалу та типового поверху в ПК «Композитка САПР»

Будівля посаджена на існуючу фундаментну плиту товщиною 1,5 м на вдавлюваних палях з розрахунковою несучою спроможністю 125 тс, плити перекриття товщиною 16 см, висота типового поверху 3,15 м, ($H_{max} = 80,7\text{ м} + 3,8\text{ м} - \text{підвал} = 84,5\text{ м}$). По конструкціях існуючого фундаментного ростверку виконано обстеження матеріалів і отримано позитивний висновок по його технічному стану [6].

Для того щоб коректно виконати розрахунок на сейсмічні впливи та передбачити антисейсмічні заходи необхідні чисельні експерименти і методика аналізу НДС при впливі сейсмічних навантажень.

В програмному комплексі ЛІРА-САПР реалізовані методики, що дозволяють створювати адекватні комп'ютерні моделі і проводити ряд чисельних експериментів на сейсмічні впливи. Реалізовано декілька методів розрахунку на сейсмічні впливи, а саме метод спектрального аналізу та метод розрахунку з урахуванням нелінійності на основі прямого інтегрування [3]. Технологія спектрального методу ґрунтується на застосуванні реальних динамічних характеристик системи «споруда – ґрунт – основа».

Просторова розрахункова схема Секції-1 будинку виконана в ПС «Компоновка» з експортом схеми МСЕ в ПК «ЛІРА САПР». На рис. 2 приведена схема МСЕ та максимальні деформації будинку при розрахунку по спектральному методу на проектний землетрус (ПЗ) при розрахунковій сейсмічності в 7-балів і ґрунтах II категорії: $X=0.0234\text{м}$, $Y=0.152\text{м}$ при періодах по 3-х основних формах коливань : 3,07с; 2,62с; 1,65с; $V_{\text{max}}=0,1529\text{ м}$.

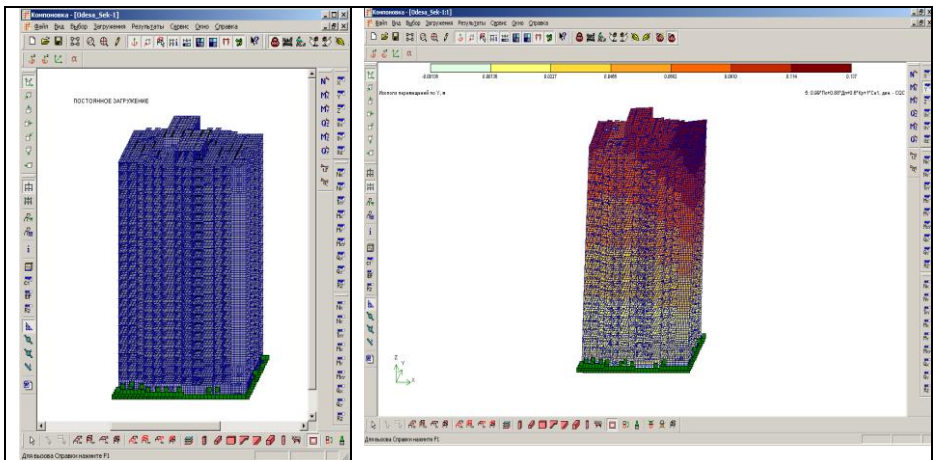


Рис. 2. Розрахункова схема МСЕ Секції-1 та максимальні пружні деформації будівлі по Y

На рис. 3 приведені непружні деформації будинку з врахуванням конструктивної нелінійності залізобетону в ПС «Компоновка САПР»: $X=0,0345\text{ м}$, $Y=0,214\text{ м}$ при періодах по трьох основних формах коливань: 3,75 с; 3,24 с; 2,04 с; частоти: 0,27; 0,31; 0,49 Гц; процент зібраних мас: 64,7%, 8,6%, 0,1%, ... $K_{\text{форм}}=10$, $\sum \text{мас}=92\%$; $V_{\text{max}}=0,238\text{ м}$.

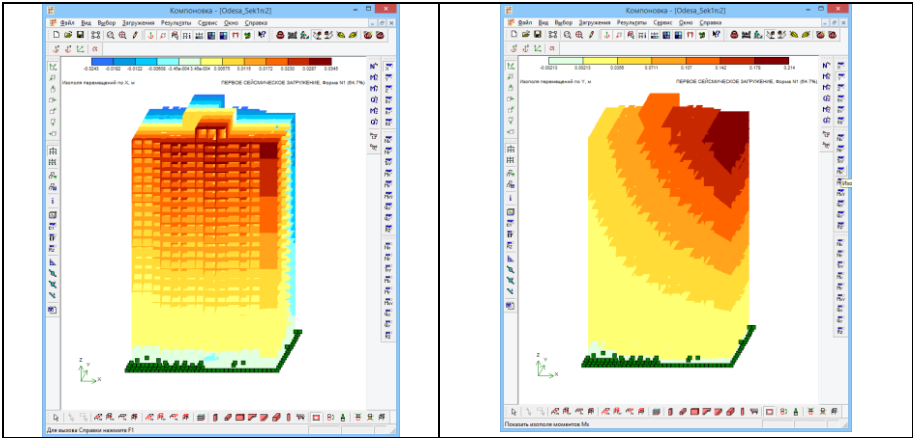


Рис. 3. Ізополя непружних деформацій будівлі по першій формі коливань

В табл. 1 приведені основні результати багатоваріантних розрахунків будинку з несучими стінами.

Таблиця 1

Варіант розрахунку	Максим.переміщ. $V_{max}=1.1\sqrt{(x^2+y^2)}$ [MM]	Реакції в палях $R_z \text{ min, max}$ R_x, R_y [тс]	Максим. перекіс будівлі
Упругий, спектральний метод, $K_{нел}=0.3$	15,29	R_z : -77,4, -29.3	0.00181 1\552
Конструктивна нелінійність, спектральним методом, $K_{нел}=0.3$	23,84	R_z : -108, -39.9	0.00282 1\354
Акселерограма, $K_{нел}=0.83$ коефіцієнту податливості $\mu=1.21$	32,71	R_z : -118, -0.494 $R_x=0.426$; $R_y=5.79$	0.00387 1\258
Фізично нелінійний розрахунок $\mu=1.21$, $K_{нел}=0.83$	44,714	R_z : -82.8, +8.82 $R_x=0.138$; $R_y=2.88$	0.00529 1\189

Розрахунок будівлі на максимальний розрахунковий землетрус (МРЗ) по трьохкомпонентних синтезованих акселерограмах: VB8_29mod виконано по ПК «ЛІРА САПР 2014» з параметрами: кількість точок 3x16750, час дії 167,657 с з врахуванням коефіцієнту податливості залізобетону $\mu=1,21$ у відповідності додатком Г [4].

Розрахунок будівлі на максимальний розрахунковий землетрус (МРЗ) по трьохкомпонентних синтезованих акселерограмах: VB8_29mod виконано по ПК «ЛІРА САПР 2014» з параметрами: кількість точок 3x16750, час дії 167.657с з врахуванням коефіцієнту податливості

залізобетону $\mu=1.21$ у відповідності додатком Г ДБН [4].

При розрахунку врахована податливість пальового поля по X, Y, Z та жорсткість ґрунтової основи під фундаментною плитою. Максимальні деформації будівлі: $X=0.0145\text{м}$, $Y=0.299\text{м}$, $V_{\text{max}}=0.32709\text{м}$. Реакції в палях, деформації будівлі та фундаментної плити приведені на рис. 4, рис. 5.

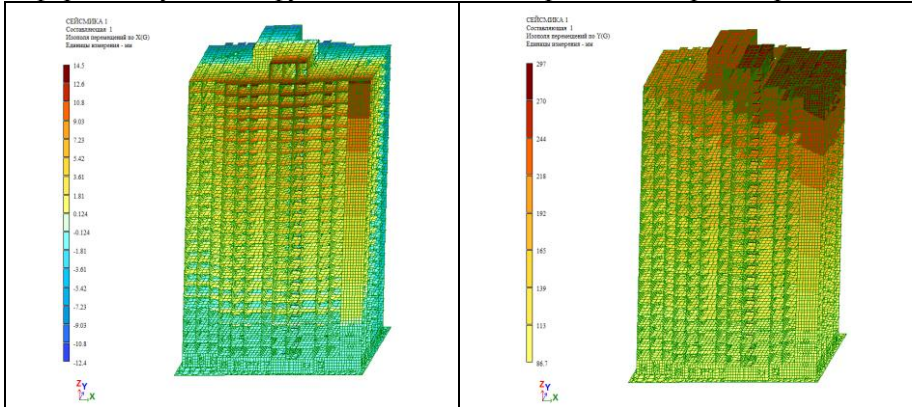


Рис. 4. Ізополю максимальних деформацій будівлі при сейсмічній дії по 3-х компонентній акселерограмі

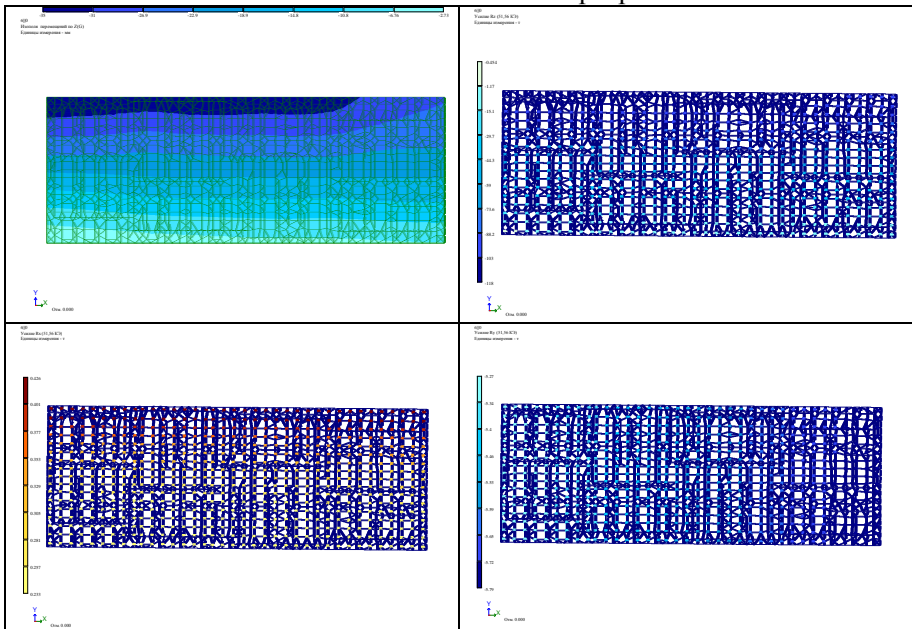


Рис. 5. Деформації фундаментної плити по X, Y, Z та реакції в палях при акселерограмі Vb8_xyz

На рис. 6 приведені нелінійні деформації будівлі з врахуванням коефіцієнту податливості μ та фізично нелінійного розрахунку на максимальні горизонтальні сейсмічні реакції на систему від першої форми коливань (64,7%). Максимальні непружні деформації будівлі становлять (21-й закон для бетону, 11-для арматури): $X=0,0348$ м, $Y=0,405$ м, $V_{\max}=0,44714$ м, перекіс=0,00519 або $1\backslash 188$, що менше допустимого 0,025, таким чином загальна деформативність будівлі з несучими стінами на граничні сейсмічні навантаження забезпечується.

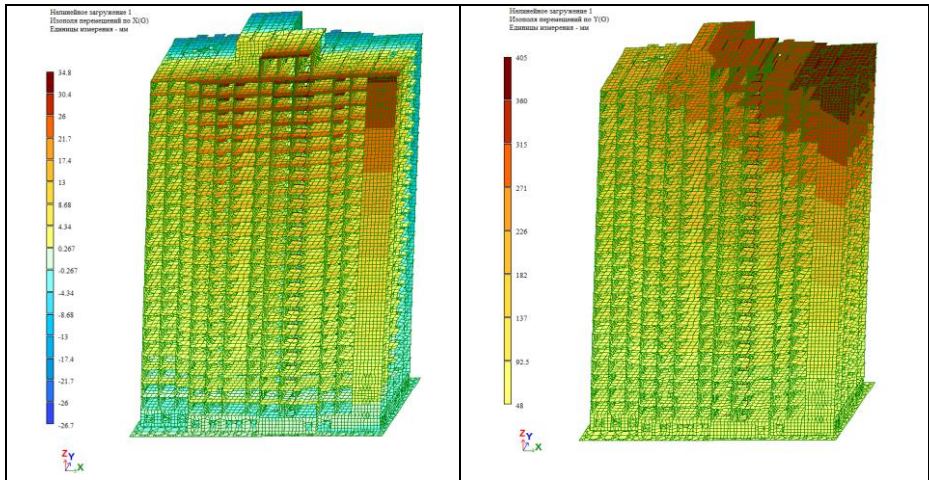


Рис. 6. Деформації будівлі при фізично нелінійному розрахунку ($K_{нелін}=0,85$)

Граничні стискаючі зусилля в палях з врахуванням податливості по X , Y , Z не перевищують допустиму розрахункову несучу спроможність при МРЗ. Але в оголовках паль виникають здвигів та розтягуючі зусилля (табл. 1), тому виконується їх перевірка на прийняття горизонтальних та вертикальних навантажень по ЕСПРИ-2014 ПС «Расчет свай на совместное действие нагрузок» (рис. 9).

Виконана додаткова перевірка несучої спроможності діафрагм при стиковці їх з старим бетоном фундаментної плити по ЕСПРИ-2014 ПС «ДИАФРАГМА» при $K_{шва\ бетонування}=0,5$, та при підвищенні класу бетону підвального поверху з проектного С20\25 до С30\35 та спеціальній підготовці шва бетонування $K_{шва\ бетонування}=0,7$, забезпеченні проценту вертикального армування стикового з'єднання не менше 0,5%, та виконанні конструктивних та технічних міроприємств (спеціальна обробка шва бетонування, застосування додаткових спеціальних анкерів (наприк-

лад «Hilti» та інше) - рис. 8.

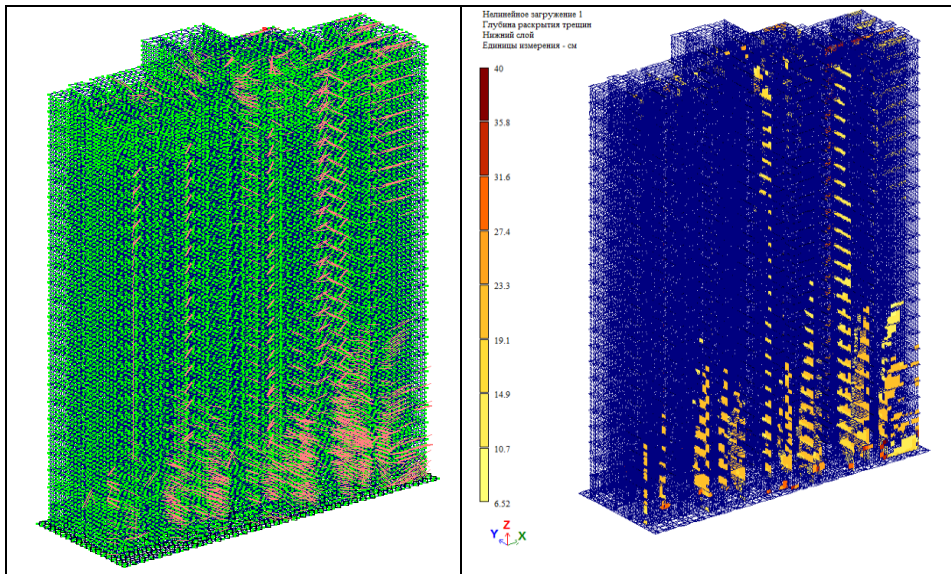


Рис. 7. Картина розвитку тріщин в будівлі при МРЗ

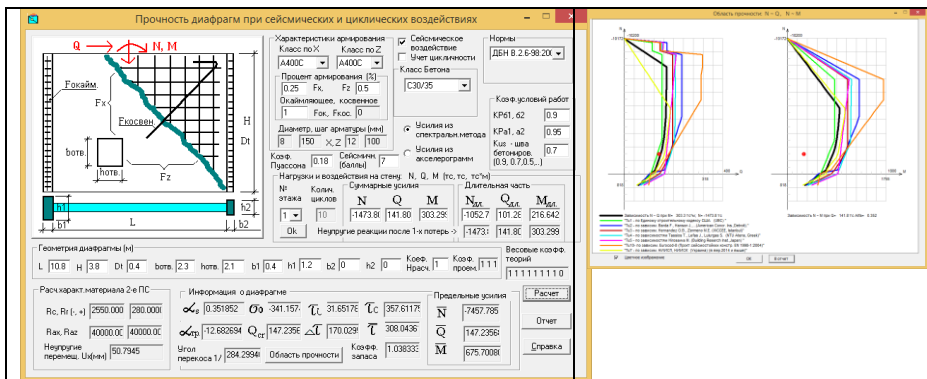


Рис. 8. Несуча спроможність стіни в ПС «ДИАФРАГМА» ЕСПРИ-2014

На рис. 9 та в табл. 2 наведено результати розрахунку палі на сумісну дію навантажень N, Q, M.

Расчет сваи на совместное действие нагрузок

Схема нагрузок на сваю

M 4.6 тс*м
 N 95.8 тс
 Q 2.3 тс
 L 16 м
 Lo 1.5 м

e 0.01 м M_u 50 тс*м
 Доля постоянных нагрузок на сваю 50 %

Поперечное сечение сваи, м
 b 0.35
 h 0.35

Файл: _____
 Жесткая заделка сваи в ростверк
 Забивная свая или свая-оболочка

Модуль упругости материала сваи, тс/м²
 2.9e+006

Распорное сооружение
 Особо ответственное
 1-рядное располож. свай

Тип опирания сваи
 на нескальный грунт
 на скалу
 заделка в скалу

Слоев: 10 Слой 3
 Учет пластических деформаций грунта

Грунты, окружающие сваю: супеси пластичные (0 <= IL <= 1)

Толщина слоя 4.8 м Показатель текучести 0.5

Расчетные характеристики грунта
 Удельный вес 1.87 тс/м³
 Угол внутреннего трения 22 °
 Удельное сцепление 0.08 тс/м²

Расчет
 Отчет
 Выход
 Справка

Рис. 9. Перевірка несучої спроможності паль на сумісну дію навантажень

Таблица 2

l_0	Приведенная глубина погружения сваи	13.02865
Q_0	Расчетное значение поперечной силы в сечении сваи, тс	2.3000
U_p	Расчетное горизонтальное перемещение головы сваи, мм	15.0482
φ_p	Расчетный угол поворота головы сваи, рад*1000	6.32278
Доля постоянных нагрузок в величине горизонтальной нагрузки, %		50.00
M_u	Предельн. изгиб. момент, с учетом продольной силы, тс*м	50.000
e	Эксцентриситет приложения внешней нагрузки к свае, м	0.0200
Q_0	Расчетное значение поперечной силы в сечении сваи, тс	2.3000
Z_z	Расстояние от поверхн. грунта до пластич. шарнира, м	2.8707
Fd	Несущая способность сваи, тс	14.77499
γ_k	Коэффициент надежности по несущей способности	1.40

Умову $H \leq Fd / \gamma_k$ задоволено ($H = Q_0$)

ВИСНОВКИ

Проведені варіантні розрахунки будинку з врахуванням нелінійної роботи конструкцій в ПК «ЛІРА САПР-2014», «Мономах САПР» та ЕСПРИ-2014, дозволяють виконувати оцінку несучої спроможності будівель з врахуванням вимог ДБН В.1.1-12:2014.

ЛІТЕРАТУРА

1. Барабаш М. С. Анализ проблем безопасности строительных объектов в районах высокой сейсмичности / Барабаш М.С., Максименко В.П., Филинский Л.В. // Будівельні конструкції: збірник наукових праць. – К.: ДП НДІБК, 2012. – Вип. 76 – С. 222 – 229.
2. Барабаш М.С. Компьютерное моделирование процессов жизненного цикла объектов строительства: монография / Мария Сергеевна Барабаш. – К.: Сталь, 2014. – 301 с.
3. Городецкий А.С. Компьютерные модели конструкций /А.С. Городецкий, И.Д. Евзеров. – К.: ФАКТ, 2007. – 394 с.
4. Будівництво у сейсмічних районах України: ДБН В.1.1 – 14:2014 / науковий керівник Ю.І. Немчинов. - [Чинні від 2014-10-01]. – К.: Мінрегіон України, 2014. - VI, – 110 с. – (Будівельні норми України).
5. Еврокод 8: Проектирование сейсмостойких конструкций. Часть 3 EN 1998-3:2005.
6. Отчет по результатам обследований конструкций с незавершенным строительством зданий, расположенных по адресу: Люстдорфская дорога, 90 в г. Одессе / Академія будівництва України. Центр НТТМ по архітектурі і будівництва. - Одеса, 2013.
7. Просторовий перевірочний розрахунок каркасу незавершеного будівництва житлового комплексу як конструктивної системи «каркас – фундаменти - основа» на сейсмічні навантаження в рамках науково-технічного супроводу на етапі проектування за адресою: вул. Люстдорська, 90 м. Одеса: НТ Звіт по науково-технічній роботі. - К.: НДІБВ, Київ, 2014. - 119с.

REFERENCES

1. Barabash M. An analysis problems of safety building objects is in the districts of high earthquake loads / Barabash M., Maksymenko V., Filinsky L. // Building constructions: collection of scientific works. – K.: NDIBK, 2012. – Vol. 76 – P. 222 – 229.
2. Barabash M. Computer design of processes of life cycle of building objects: Monograph / M.S. Barabash – K.: Stal, 2014. – 301 p.
3. Gorodetsky A.S. Computer models of constructions /A.S. Gorodetsky, Y.D. Evzerov. – K.: Fakt, 2007. – 394 p.
4. Construction in seismic regions of Ukraine: State building codes B. 1.1–14: 2014 / scientific chief Yu.I. Nemchinov. - [Valid from 2014-10-01]. – K.: Minregion of Ukraine, 2014. - VI, – 110 p. – (Building norms of Ukraine).
5. EN 1998-3:2005 Eurocode 8: Desing of structures for earthquake resistance.
6. Report on results the inspections of constructions with aconstruction in progress of building located to address: Lustdofskaya road, 90 in to Odesa. Academy

of building of Ukraine. Center of NTTM on Architecture and building. - Odesa, 2013.

7. NT Report. Spatial checking calculation to framework of construction in progress of housing complex as a structural system "building - foundations - soils" on the seismic loading within the framework of scientific and technical accompaniment on the stage of project to address: Lustdofskaya road, 90 in to Odesa. – K.: NDIBV, 2014. – 119 p.

Стаття надійшла до редакції 05.08.2015 р.