

## **ОСОБЛИВОСТІ ГЕОДЕЗИЧНОГО МОНІТОРИНГУ БУДІВЕЛЬ НА ПЛИТНИХ ФУНДАМЕНТАХ**

Корнієнко М.В., Жук В.В.

Київський національний університет будівництва і архітектури

Чегодаєв І.С.

ТОВ "ЗІМ КЕПІТАЛ ГРУП")

Поклонський С.В.

ДП «Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій»  
м. Київ, Україна

**АНОТАЦІЯ:** В статті наведено дані про спостереження за деформаціями комплексу будинків на плитних фундаментах. Показано важливість таких досвідних даних для підвищення ефективності проектування фундаментних конструкцій.

**АННОТАЦИЯ:** В статье приведены данные о наблюдении за деформациями комплекса зданий на плитных фундаментах. Показана важность таких опытных данных для повышения эффективности проектирования фундаментных конструкций.

**ABSTRACT:** The article shows the observation of the deformation complex of buildings on plate foundations. The importance of empirical data to improve the design of foundation structures is shown.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** спостереження, деформації, плитні фундаменти.

### **ВСТУП**

Для забезпечення нормальної роботи споруда повинна бути стійкою, тобто зберігати в установлених межах своє початкове (проектне) положення. Однак, внаслідок конструктивних особливостей, впливу природних і техногенних факторів споруди схильні до різного виду деформацій, що характеризується зміною як його просторового положення

в цілому, так і взаємного положення окремих частин і елементів. Природні фактори, що викликають деформації, пов'язані в основному з інженерно-геологічними і гідрологічними процесами в ґрунтовій основі споруди. На деформації споруди також впливають форма, розміри і жорсткість фундаменту і будівельних конструкцій, розподіл статичних і динамічних навантажень всередині споруди та ін.

Для оцінки стійкості споруди на різних етапах будівництва та експлуатації проводять спостереження за його деформаціями, які представляють комплекс вимірювальних операцій і заходів по виявленню причин деформацій. Основною метою спостережень є визначення величин і характеру деформацій, щоб при необхідності вжити профілактичних заходів по запобіганню неприпустимих деформацій, що ведуть до негативних наслідків для роботи і збереження споруди. Крім того, результати спостережень дозволяють вирішувати ряд практичних і наукових завдань: перевіряти правильність проектних розрахунків фундаментів, несучих будівельних конструкцій і вносити корективи при проектуванні нових аналогічних споруд; виявляти закономірності, що дозволяють прогнозувати процес деформації та ін. Ці вимоги в цілому викладені в діючих нормах [4], але потребують конкретної реалізації на практиці.

На практиці положення норм до проектування є рекомендаційними і вся відповідальність за прийняті технічні рішення з проектування основ і фундаментів лягає на виконавця проектною документації. Такий стан, з одного боку, підвищує відповідальність проектувальників, з іншого боку - відкриває перспективи більш повного використання резервів ґрунтової основи фундаментів будівель і споруд. Обґрунтоване використання цих резервів дозволяє отримувати економічно ефективні рішення без зниження надійності роботи фундаментних конструкцій.

Постійне прагнення до економічності інженерних рішень вимагає використання нових конструктивних рішень. Досвідні дані про спостереження за деформаціями дозволяють оптимізувати конструктивне рішення фундаментних конструкцій.

Мета роботи - виконати оцінку деформованого стану ґрунтової основи плитного фундаменту комплексу будинків за результатами багаторічних спостережень. Пояснимо це на прикладі експериментального майданчика в м. Києві.

## **РЕЗУЛЬТАТИ ОБСТЕЖЕНЬ**

В геоморфологічному відношенні ділянка будівництва розташована в межах правобережної заплавної тераси р. Дніпро на відстані 150...200 м від берегу. Вся поверхня заплави піднята шляхом наміву ґрунту (піску) до

абсолютних відміток 99,5...100,5 м. В минулому на місці будівництва були розміщені гаражі, які до виконання вишукувань були повністю демонтовані, в зв'язку з чим в деяких частинах ділянки утворились навали будівельного сміття.

Потужність алювіальних відкладів в межах території вишукувань складає 24...26 м. Представлені вони переважно піском з прошарками глинистих ґрунтів, які іноді містять домішки органічних речовин. З денної поверхні алювіальні відклади перекриті ґрунтами техногенного походження, які сформовані в основному намитим ґрунтом – піском дрібним та середньої крупності. Середня потужність ґрунтів техногенного походження складає близько 8 м, при цьому максимальна – 11,2 м.

На основі проведених інженерно-геологічних досліджень [3], враховуючи літологію та стан ґрунтів, в загальній товщі виділено 13 інженерно-геологічних елементів (рис. 1), фізико-механічні характеристики яких наведені у табл. 1.

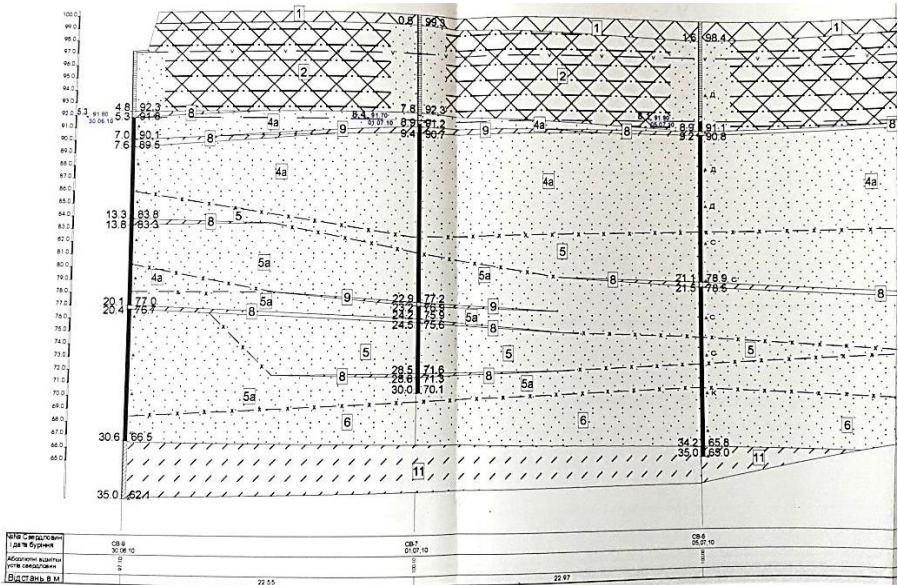


Рис. 1. Інженерно-геологічний розріз майданчика (фрагмент)

Гідрогеологічні дослідження виконувалися в комплексі з інженерно-геологічними роботами з метою визначення передбачуваної сфери взаємодії споруд, що проєктуються, з геологічним середовищем. На момент проведення вишукувань ґрунтові води були зафіксовані на глибинах

5,2...8,5 м в межах абсолютних відміток 91,6...92,1 м. Живлення ґрунтових вод здійснюється, головним чином, за рахунок гідравлічного зв'язку з водами Дніпра, інфільтрації атмосферних опадів, а також за рахунок втрат води з водонесучих мереж. Прогнозується сезонне коливання рівня підземних вод до 1,0 м від рівня, зафіксованого вишукуваннями.

Категорія складності інженерно-геологічних умов – II, середньої складності. На час вишукувань в межах ділянки будівництва небезпечних інженерно-геологічних процесів та явищ не виявлено.

Так на досліджуваному майданчику планується зведення об'єктів – каркасні будинки, що являють собою багатосекційну каскадну споруду (рис. 2, 3) з висотою секцій 15-23 поверхів, які зводяться поетапно. Перші три секції планується зводити послідовно з відставанням (рис. 6). Посадка будівлі (секція № 3) на інженерно-геологічний розріз приведена на рис. 4.

Очікуване осідання плитного фундаменту будинку (секція № 3) за методикою норм склало 13,9 см. Спостереження за осіданням дозволяють визначити величини деформацій, динаміку їх розвитку, причини виникнення, дають можливість створення моделей небезпечних процесів, складання прогнозу їх розвитку та розробки заходів щодо запобігання небажаних наслідків. За результатами спостережень перевіряється правильність проектних розрахунків та виявляються закономірності, що дозволяють прогнозувати процес деформації і своєчасно здійснити заходи щодо ліквідації їх наслідків.

Вимірювання деформацій основ фундаментів будівель і споруд, а також деформацій земної поверхні (моніторинг деформаційних процесів), виконують з метою:

- визначення фактичних кількісних величин деформацій і порівняння їх з розрахунковими;
- виявлення причин виникнення і рівня безпеки деформацій для безаварійної експлуатації будівель і споруд;
- прийняття своєчасних заходів щодо боротьби з деформаціями, що виникають, або усунення їх наслідків;
- уточнення розрахункових величин фізико-механічних характеристик ґрунтів.

Спостереження за розвитком деформацій на об'єкті виконувалося з використанням оптичного нівеліру Sokkia C330, середньоквадратична похибка вимірювань на 1 км подвійного ходу якого складає 2,0 мм, що відповідає II класу точності спостережень за деформаціями основ будинків і споруд. Репера розташовані за межами зони впливу напружено-деформованого стану основи споруджуваної споруди. Їх розташування приведено на рис. 5. Даних вимірювань за встановленими марками достатньо для визначення просторового положення фундаменту і нерівномірності його осідання.

Таблиця 1

## Фізико-механічні характеристики ґрунтів майданчика

Вид ґрунту	Номер ПЕ	Найменування ґрунту згідно ДСТУ Б В 2.1 – 2 – 96	Нормативні значення								Розрахункові значення						Висота шару ґрунту за ДСТУ 2.1.99			
			Продовжувальність, мм/сантиметр	Число пластичності	Показник текучості	Коефіцієнт пористості	Модуль деформації, МПа	Коефіцієнт фільтрації, мм/добу	Щільність ґрунту, т/м <sup>3</sup>	Питоме важливе, МПа	Щільність ґрунту, т/м <sup>3</sup>		Питоме важливе, МПа		Кут внутрішнього тертя, градуси					
											$\rho_1$	$\rho_2$	$C_1$	$C_2$	$\phi_1$	$\phi_2$				
Wp	I <sub>p</sub>	Il	e	E	K <sub>f</sub>	$\rho$	$\sigma$	$\varphi$	$\rho_1$	$\rho_2$	$C_1$	$C_2$	$\phi_1$	$\phi_2$						
ЦIV	1	Насипний ґрунт				0,71					1,53							36в		
I <sup>н</sup> IV	2	Намитий ґрунт				0,68	20				1,69	0,002	27	1,67	1,69	0,001	0,001	24	27	29а
III <sub>ш</sub> IV	3	Пісок пудуватий	<0,01			0,65	24	1-3			1,80	0,002	29	1,79	1,80	0,0001	0,002	27	29	29а
III <sub>ш</sub> IV	4	Пісок дрібний, середньої щільності	<0,01			0,61	32	3-5			1,90	0,001	33	1,87	1,90	0,0006	0,001	30	33	29а
III <sub>ш</sub> IV	4а	Пісок дрібний, щільний	<0,01			0,58	36	2-4			1,95	0,001	35	1,93	1,95	0,0006	0,001	32	35	29а
III <sub>ш</sub> IV	5	Пісок середньої крупності серед щільності	<0,01			0,55	36	6-9			1,94	0,001	33	1,92	1,94	0,0006	0,001	30	33	29а
III <sub>ш</sub> IV	5а	Пісок середньої крупності, щільний	<0,01			0,49	44	5-8			1,98	0,001	36	1,96	1,98	0,0001	0,001	33	36	29а
III <sub>ш</sub> IV	6	Пісок крупний	<0,01			0,57	40	10-15			1,99	0,001	37	1,96	1,99	0,0001	0,001	36	37	29а
III <sub>ш</sub> IV	7	Пісок з домішками органічних речовин	<0,01			0,70	12	5-8			1,60	0,001	29	1,59	1,60	0,0001	0,001	27	29	29а
III <sub>ш</sub> IV	8	Супісок	0,05	$I_c > 1$		0,68	8	0,5			1,80	0,009	21	1,88	1,80	0,006	0,009	18	21	36а
III <sub>ш</sub> IV	9	Суглинок	0,08	$0,5 < I_c < 0,75$		0,75	9	0,05			1,85	0,015	18	1,83	1,85	0,010	0,015	16	18	35а
III <sub>ш</sub> IV	10	Суглинок з домішками орг. речовин		$0,5 < I_c < 0,75$		0,95	6	0,05			1,55	0,010	17	1,53	1,55	0,007	0,010	15	17	35а
IV <sub>св</sub>	11	Супісок	0,05	$I_c > 1$		0,55	27	0,5			2,00	0,006	20	1,96	2,00	0,004	0,006	17	20	36а



Рис. 2. Житловий багатосекційний комплекс каскадного типу із багатоповерхових каркасних будинків змінної поверховості

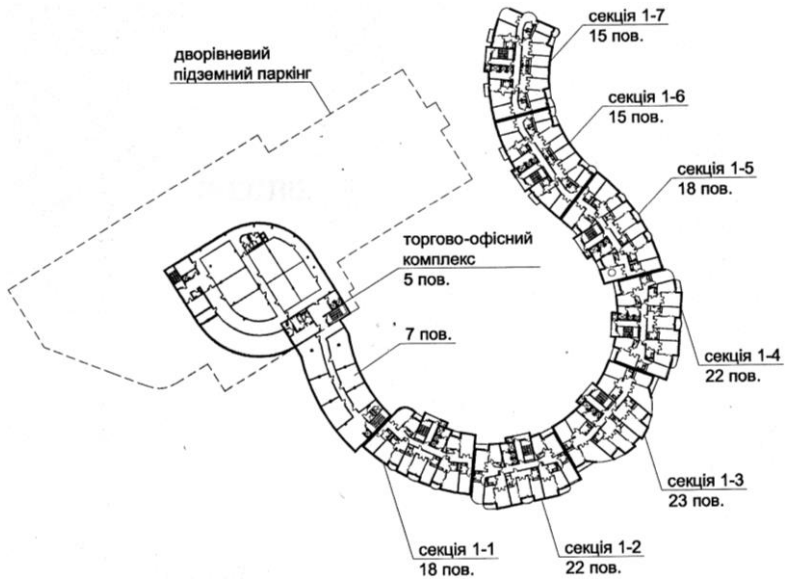


Рис. 3. Схема блокування секцій житлового комплексу

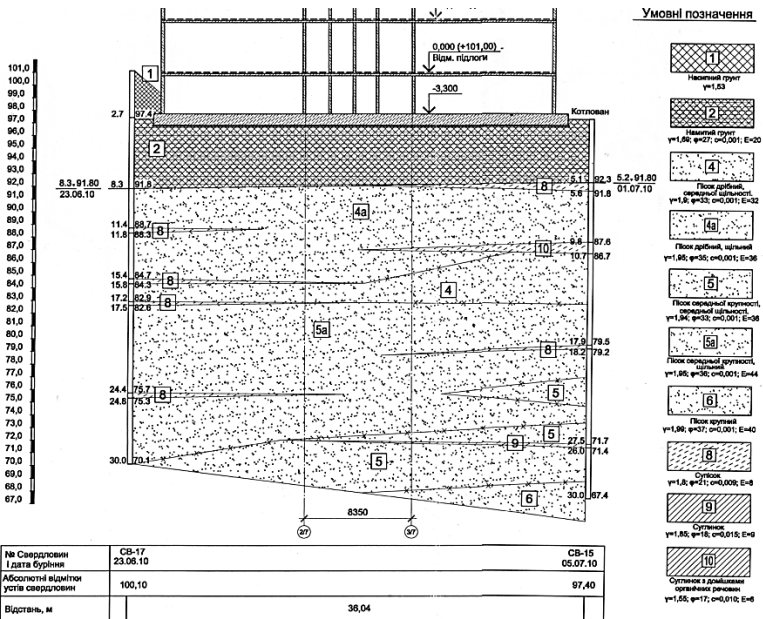


Рис. 4. Посадка будівлі (секція № 3) на інженерно-геологічний розріз

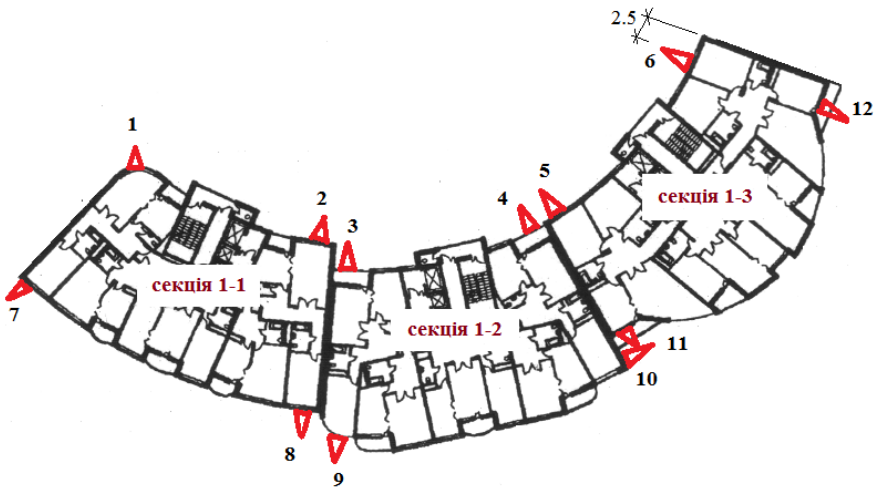


Рис. 5. Схема розташування деформаційних знаків (марок)

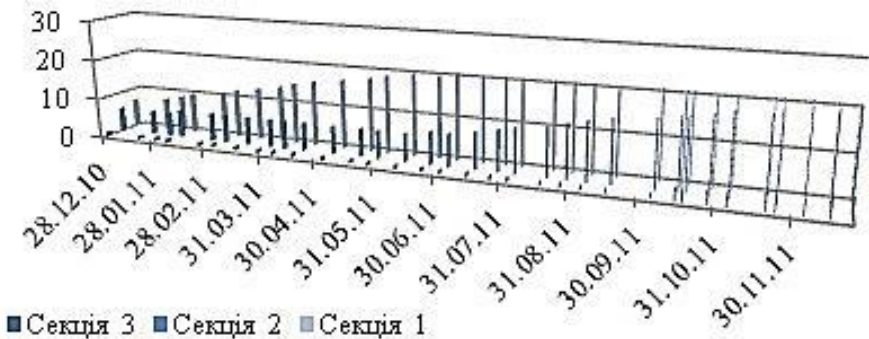


Рис. 6. Послідовність зведення секцій комплексу

Спостереження за розвитком деформацій протягом трьох років показало, що величина осідання реперів не перевищує 25 мм (рис. 7).

Отриманий під час розрахунків характер деформування при зведенні новобудови підтверджується даними моніторингу за деформаціями на об'єкті з надійним запасом. Нерівномірність осідання будинку практично не перевищила 10...15 мм. На сьогодні після завершення будівельно-монтажних робіт деформації основи повністю стабілізувались. Для піщаної основи очікувати значний приріст осідання не приходиться. За час спостереження відбувались пружні деформації основи перш за все в межах



навивних та алювіальних пісків основи. За європейською практикою осідання основи до 25 мм гарантує абсолютну надійність основи на весь період експлуатації будинку і додаткових розрахунків, оцінок, порівнянь не потребує.

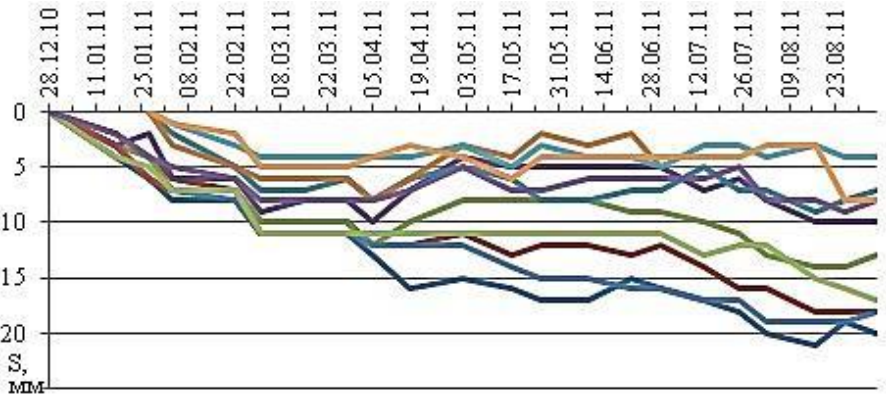


Рис. 7. Лінійний графік вертикальних деформацій за результатами спостережень, мм

Виникає питання, чому така розбіжність в значеннях осідання за прогнозними розрахунками та поведінкою основи на практиці. Безумовно, це занижена оцінка модуля деформації ґрунтів основи. Як в більшості випадків і на цьому майданчику модуль деформації визначається при компресійних випробуваннях в лабораторії ( $E_{oed}$ ). Коригування такого модуля в декілька раз неоправдана дія, що через свою неточність не дає оптимальної оцінки стисливості ґрунтів основи. Навіть результати статичного зондування, що дають підвищені значення  $E$ , не можуть бути надійними, так як цей метод є непрямим і базується на кореляційному співставленні опору по корпусу  $q_s$  та дійсних значень  $E$ , які в даному випадку відсутні. Проведенням штампових випробувань нехтують, хоча отримані значення  $E_{plt}$  мали б найбільшу точність. За даними штампових випробувань навивних пісків на території м. Кисва підтверджено, що їх модуль знаходиться в межах  $E = 20...40$  МПа, тоді як дрібні алювіальні піски в залежності від щільності можуть мати  $E = 30...50$  МПа. Звичайно в таких умовах плитні фундаменти за умов не тільки несучої здатності, а і деформативності є надійними. На практиці часто навпаки, проявляючи підвищену «безпечність», для будинків такої висоти використовують пальові фундаменти, які з економічної точки зору як оптимальні не можуть і наближено конкурувати з плитними фундаментами, що спираються на надійну основу.



## ВИСНОВКИ

Вибір раціональної схеми «основа – фундамент – надземна частина будівлі» повинен базуватись на об'єктивній оцінці механічних властивостей як ґрунтів основи, так і несучих конструкцій будівлі. Інакше не тільки інженерні розрахунки, а навіть і числове моделювання не може гарантувати прийняття рішень по конструкції надійних фундаментів. Описаний приклад підтверджує – потрібно більш глибоко вивчати властивості ґрунтів з врахуванням їх зміни на перспективу та контролювати прийняті конструктивні рішення як фундаментів, так і несучих конструкцій за допомогою моніторингу, що дасть можливість не тільки підтвердити обґрунтованість і надійність конструктивного рішення, а і дасть можливість розкрити практичний досвід будівництва в ґрунтових умовах.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Сонин А.М. Определение крена высотных зданий по результатам наблюдений за осадками фундаментов / А.М. Сонин, А.А. Игильманов, С.Е. Енкебаев (<http://masters.donntu.org/2013/igg/arefiev/library/6.htm>).
2. Митрошин И.А. Особенности наблюдения за деформациями зданий и сооружений из монолитного железобетона / Митрошин И.А., Ланкина Ю.А. // Строительство, архитектура, дизайн: электронное научное периодическое издание Мордовского государственного университета им. Н.П. Огарева № 2 (6) 2009 (<http://masters.donntu.org/2013/igg/arefiev/library/1.htm>).
3. Звіт про інженерно-геологічні вишукування. Вихідні дані, загальна пояснювальна записка, інженерно-геологічні розрізи на об'єкті: «Будівництво житлового комплексу з об'єктами побутової та соціальної інфраструктури та підземним паркінгом на пр. Героїв Сталінграда, 2-Б» // ДП «Інститут «Київгео» АТ «КІЇВПРОЕКТ», 2010 – 73 с.
4. Основи та фундаменти споруд. Основні положення проектування: ДБН В.2.1-10-2009: взамін СНіП 2.02.01-83 : затв. Мінрегіонбуду України 19.01.09 № 5. - [Чинний від 01.07.2009]. – К. : Мінрегіонбуд України, 2009. – 25 с.

## REFERENCES

1. A.M. Sonyn, A.A. Yhyl'manov, S.E. Enkebaev Opredelenye krena vysotnykh zdanyu po rezul'tatam nablyudenyu za osadkamy fundamentov (<http://masters.donntu.org/2013/igg/arefiev/library/6.htm>).
2. Y.A. Mytroshyn, Yu.A. Lankyna Osobennosty nablyudenyaya za deformatsyyamy zdanyu y sooruzheny yz monolytnoho zhelezobetona // Stroitel'stvo, arkhytektura, dyzayn: elektronnoe nauchnoe peryodycheskoe

izdanye Mordovskoho hosudarstvennoho unyversyteta im. N.P. Ohareva № 2 (6) 2009 (<http://masters.donntu.org/2013/igg/arefiev/library/1.htm>).

3. Zvit pro inzhenerno-heolohichni vyshukuvannya. Vykhidni dani, zshchahal'na poymasnyval'na zapyska, inzhenerno-heolohichni rozrizy na ob'yekti: «Budivnytstvo zhytlovoho kompleksu z ob'yektamy pobutovoyi ta sotsial'noyi infrastruktury ta pidzemnym parkinhom na pr.Heroyiv Stalinhrada,2-B» // DP «Instytut «Kyvivheo» AT «KYYIVPROEKT», 2010 – 73 p.
4. DBN V.2.1-10-2009 Osnovy ta fundamente sporud. Osnovni polozhennya proektuvannya: vzamin SNiP 2.02.01-83 : zatv. Minrehionbudu Ukrayiny 19.01.09 № 5 : chynnyy vid 01.07.2009. – K. : Minrehionbud Ukrayiny, 2009 – 25 p.

Стаття надійшла до редакції 05.07.2016 р.