

УДК 624.131

**Е.Ю. Петренко, канд. техн. наук, доцент**  
**Н.В. Воробйова, пров. конструктор**

*Київський національний університет будівництва і архітектури*

## **МОНІТОРИНГ ДЕФОРМАЦІЙ ЖИТЛОВОГО БУДИНКУ ВНАСЛІДОК ЗАБУДОВИ ЗСУВОНЕБЕЗПЕЧНОГО СХИЛУ**

*АНОТАЦІЯ: Проведено аналіз причин деформацій житлового будинку на зсувонебезпечній території в залежності від характеру етапів забудови.*

*Ключові слова: СХИЛ, ЗСУВОНЕБЕЗПЕЧНА ТЕРИТОРІЯ, МОНІТОРИНГ, УЩІЛЬНЕНА ЗАБУДОВА.*

**Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими практичними завданнями.** Освоєння зсувонебезпечного схилу в умовах щільної забудови може призвести до появи або активізації зсувних деформаційних процесів, що веде до зміни напружено-деформованого стану (НДС) системи “будівля-схил-основа”. Тому дуже важливим є обґрунтування інженерних рішень із забезпечення комплексної безпеки цієї системи. Для можливості прогнозування впливу нового будівництва на зміну НДС зсувонебезпечних територій та впливу на деформації існуючих будівель і споруд найважливішими є практичні спостереження до, на протязі нового будівництва та після здачі в експлуатацію. Моніторинг повинен носити комплексний характер для оцінки НДС системи “будівля-схил-основа”, особливо при його математичному моделюванні, що дає можливість давати прогнозну оцінку поведінки системи “будівля-схил-основа” в залежності від різних факторів. Результати моніторингу є базовими для аналізу зміни НДС зсувонебезпечної території.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Питанням забудови зсувонебезпечних територій в умовах щільної забудови присвячені роботи Білеуша А.І., Бойко І.П., Тер-Мартиросяна З.Г., Петракова А.В., Шадунц К.Ш., Маций С.І., Шиян С.І. та інших.

**Виділення не розв'язаних раніше частин загальної проблеми, яким присвячується стаття.** В даній статті розглянуто послідовно комплекс причин природного та техногенного характеру, що вплинули на деформацію існуючого житлового будинку.

**Мета роботи.** Виявити періоди найбільш активних осідань фундаментів будинку; проаналізувати, що призводить до активізації деформаційних процесів; визначити базові дані для підтвердження отриманих та подальших прогностичних розрахунків моделювання поведінки системи “будівля-схил-основа” в залежності від впливу різних факторів.

**Виклад основного матеріалу.** Запроектований офісно-житловий комплекс складається з триповерхової підземної, триповерхової надземної стилобатної частини та трьох вертикальних об'ємів (14-ти поверхові готельний блок та офісний блок та житловий каскадного типу 15-23 поверховий будинок). Центр виконується в монолітному залізобетонному каркасі. Було прийнято варіант кріплення котловану буронабивними палями з 2-4 ярусним кріпленням ґрунтовими анкерами. Палі прийняті Ø 880 мм і довжиною 22-35 м.

В процесі відкопування котловану через 4 м виконуються ярус ґрунтових анкерів. Також влаштовуються горизонтальні розпірки з прокатних елементів. За даними попередніх розрахунків проведених проектною організацією і підрядниками додаткові осідання прилеглих будинків не досягали 1 см. Фундаменти комплексу – буроін'єкційні палі Ø 720 мм і довжиною 16 м, занурені в полтавські піски на 4 м.

Майданчик, що досліджується відноситься до підніжжя правого борту Кловського яру. Абсолютні позначки в межах 153,0-168,0 м. Геологічна будова цієї ділянки території складена четвертинними, неогеновими і палеогеновими відкладами. Зафіксовано два рівня підземних вод. Перший від поверхні горизонт – ґрунтові води, залягають у водно-льодовикових пісках та супісках в межах плато. Зустрінуті в нижній частині лесової товщі на позначках 165,9-162,2 м. Поверхня горизонту має значний та нерівномірний нахил в напрямку тальвегу балки. Другий водоносний горизонт приурочений до полтавських пісків на позначках 133,4-137,4 м. Детальніше інженерно-геологічні умови території приведені в попередній статті [3].

На схилі навколо майданчика експлуатується ряд будівель та споруд, з комплексом водонесучих комунікацій. На відстані 14 м від

огороджувальної стіни котловану верх по схилу розташований 5-ти поверховий житловий будинок, побудований в 1962 році на фундаментах мілкового закладання. Будинок цегляний, П-подібної форми у плані, має безкаркасне конструктивне рішення з поздовжніми несучими стінами. У будівлі не передбачені заходи для сприйняття впливів від нерівномірного осідання основи. Між трьома об'ємами в будівлі відсутні деформаційні шви. Основою фундаментів є лесові супіски.

Влаштування котловану під офісно-житловий центр на зсувонебезпечному схилі почались з початку 2007 року. На протязі майже двох років велись роботи з влаштування котловану (2007-2008 рр.) і ще майже рік зводили триповерхову стилобатну частину будівлі (2009 р.). Після цього будівельні роботи зупинились на 3,5 роки. В 2013 році роботи з будівництва офісно-житлового комплексу відновились, був виконаний промисловий дренаж, почали влаштування паль комплексу. Послідовність виконання робіт з влаштування нульового циклу нового будівництва див. табл. 1.

Будівельні конструкції існуючого 5-ти поверхового житлового будинку зазнали деформацій, що відображаються у вертикальних тріщинах ззовні та з внутрішньої сторони стін. Причому більша кількість тріщин спостерігається в частині будинку що розташована напроти конструкцій огороження котловану. За архівними даними [1] на 1-му поверсі цього будинку тріщини стали виникати з середини травня 2007 року. Також при обстеженні крім тріщин швів покриття підлоги шириною 2-3 мм, також зафіксовано тріщини в стіні до 4 мм, що перетинає наскрізь 4 ряди кладки цегли. Таким чином будівельні елементи конструкцій стін та простінків підлягали негайному підсиленню.

Між будівлею і вимощенням були виявлені тріщини по усьому периметру з шириною розкриття до 25 мм. Загалом ділянка території навколо будинку, яка прилегла до вісі котловану має численні ознаки деформацій різного характеру. Відстань між існуючим будинком та тріщинами на поверхні в окремих місцях складає близько 5 м.

Щодо існуючого 5-ти поверхового будинку, то для запобігання розвитку деформацій (тріщин), що виникли, на початку 2008 році виконані першочергові протиаварійні заходи підсилення надземних конструкцій. Ці заходи включали встановлення тяжів в двох рівнях першого поверху, які

не дозволяють розкриватись тріщинам. Проект підсилення будівлі палями був розроблений, але виконання робіт відклалось аж на 2011 рік.

Таблиця 1

**Хронологія будівельних робіт**

Період	Будівельні роботи
квітень – липень 2007 р.	Влаштування паль огороження котловану
травень - липень 2007 р.	Відкопка котловану до позначки 163.00 м і влаштування ґрунтових анкерів 1-го ярусу (див. рис. 1)
липень - листопад 2007 р.	Відкопка котловану до позначки 159.30 м і влаштування ґрунтових анкерів 2-го ярусу (див. рис. 2)
жовтень 2007 р.	Влаштування джет-паль
2008 р.	Виконано підсилення надземних конструкцій існуючого будинку
травень - липень 2008 р.	Відкопка котловану до позначки 154.90 м і влаштування підкосів замість ґрунтових анкерів 3-го ярусу
січень - лютий 2009 р.	Влаштування плитного ростверку стилобату
березень - квітень 2009 р.	Демонтування підкосів і влаштування 1-го поверху стилобату
травень - серпень 2009 р.	Влаштування 2-го і 3-го поверхів стилобатної частини будівлі (див. рис. 3)
жовтень - грудень 2010 р.	Відкопка фундаментів існуючого будинку для підсилення палями, влаштування паль
січень - травень 2011 р.	Відкопка фундаментів існуючого будинку для підсилення палями, влаштування паль
червень-липень 2013 р.	Влаштування дренажу: виконано променевий дренаж на 8 м нижче від запроектованого

Зазначимо, що до початку нового будівництва в 2004 році були виконанні обстеження прилеглих будинків [4]. З результатами яких встановлено, що по будинку присутні вертикальні тріщини від волосяних до шириною розкриття 2 мм.

Згідно ДБН В.2.1-10-2009 «Основи та фундаменти споруд» граничні деформації основи для даного будинку: відносна різниця осідань – 0,002; крен – 0,005; середні осідання – 120 мм.

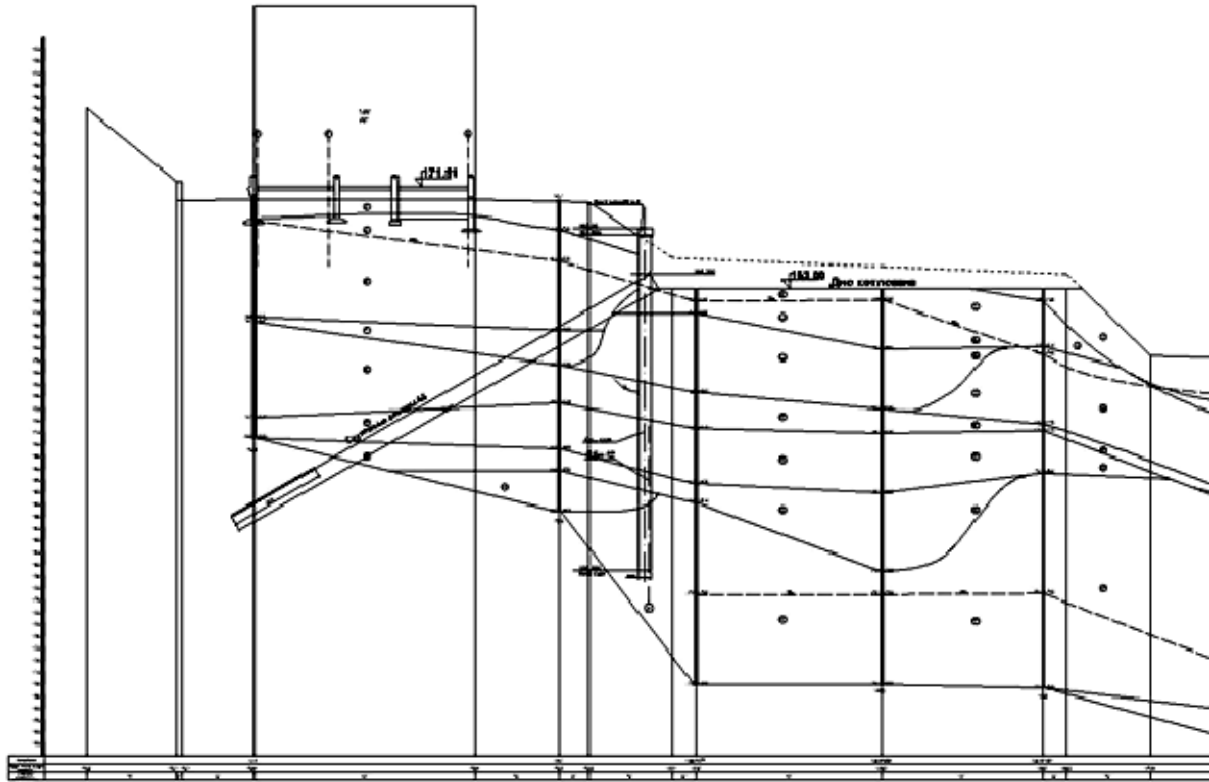


Рис. 1. Відкопка котловану до позначки 163.00 м і влаштування ґрунтових анкерів 1-го ярусу

Для аналізу отриманих величин осідань за результатами спостережень побудовано графіки (див. рис. 4,5,6) крайніх осадкових марок по осям 1, 7, 14 існуючого будинку.

Схему розташування осадкових марок див. рис. 7. Також приведені значення цих крайніх осадкових марок з паралельною фіксацією як техногенних, так і природних причин активізації вертикальних деформацій будинку (див. табл. 2).

Загалом осідання будинку має досить складний нерівномірний характер, але добре простежується зв'язок активізації осідань при екскавації ґрунту. Зміни ширини розкриття тріщин лежать в межах від 0,29 мм до 0,64 мм. Величини відхилень від вертикалі граней кутів стін будинку складають від 2 до 121 мм. Напрямок нахилу граней кутів стін спрямовано вниз по схилу.

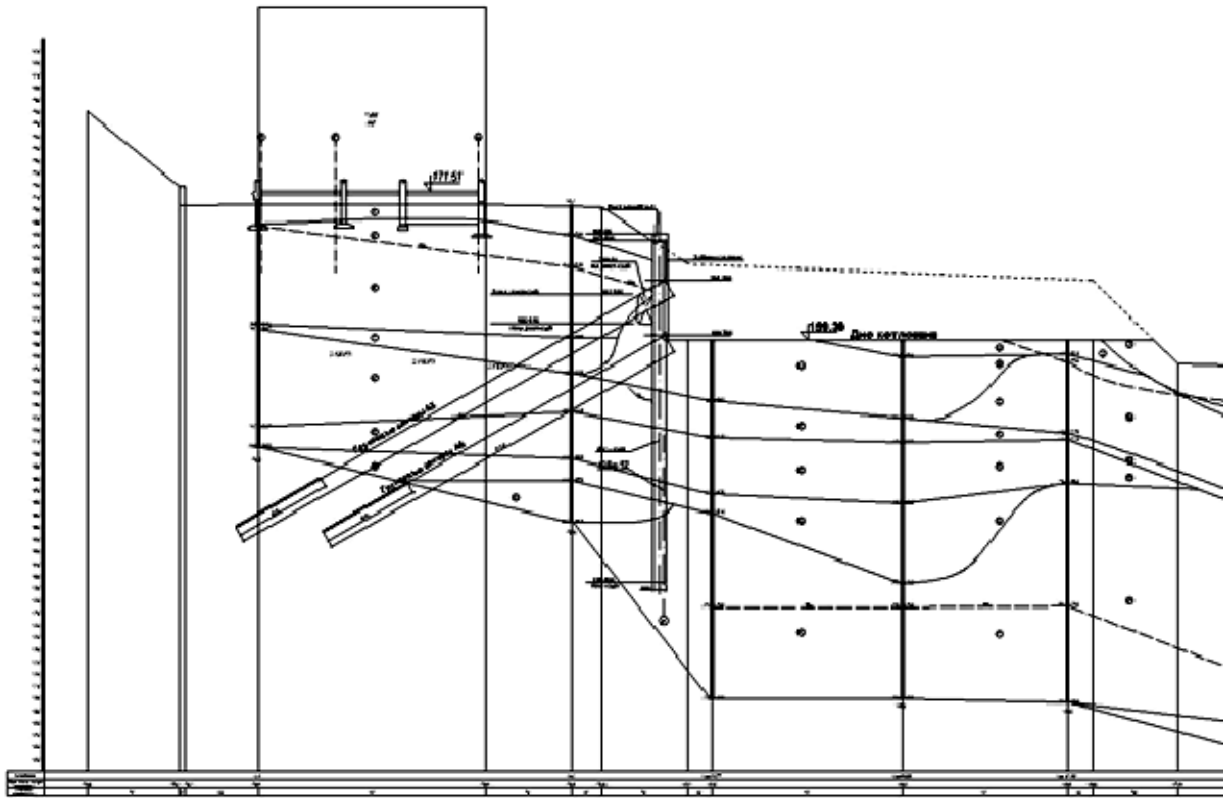


Рис. 2. Відкопка котловану до позначки 159.30 м і влаштування ґрунтових анкерів 2-го ярусу

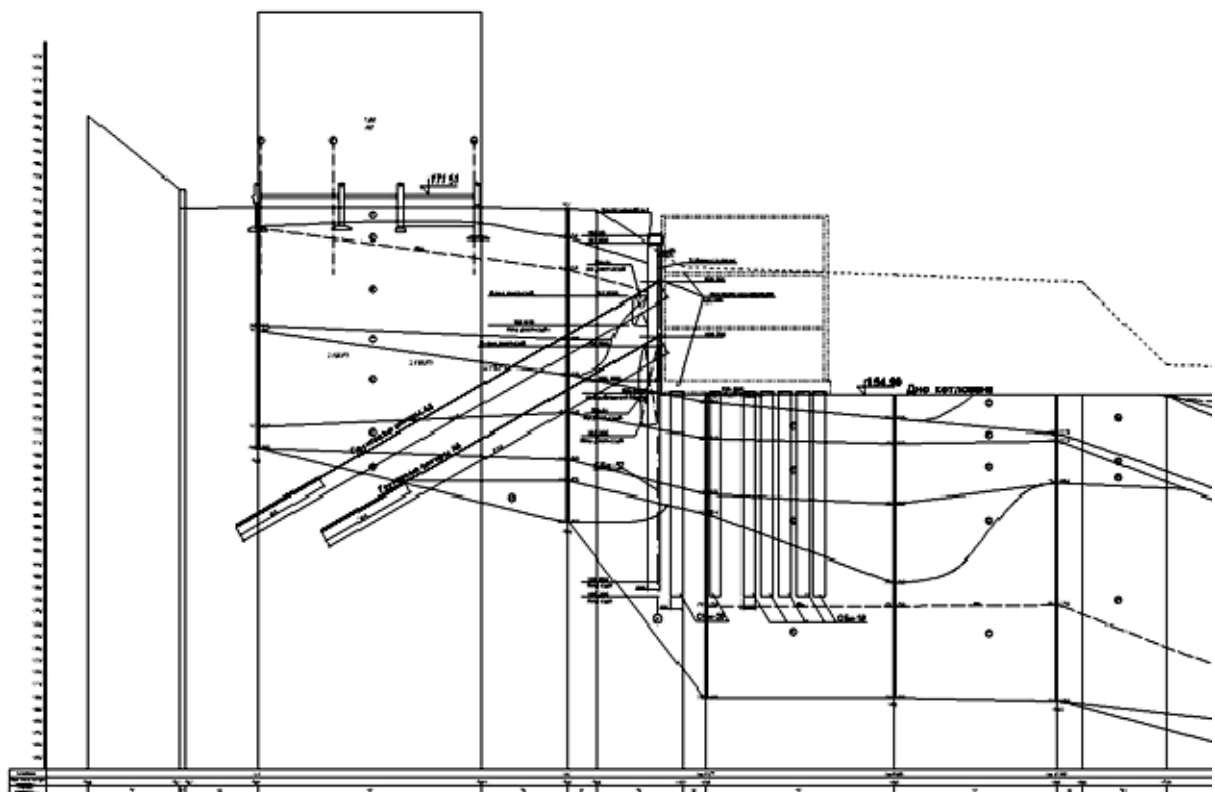


Рис. 3. Відкопка котловану до позначки 154.90 м і влаштування конструкції стилобату

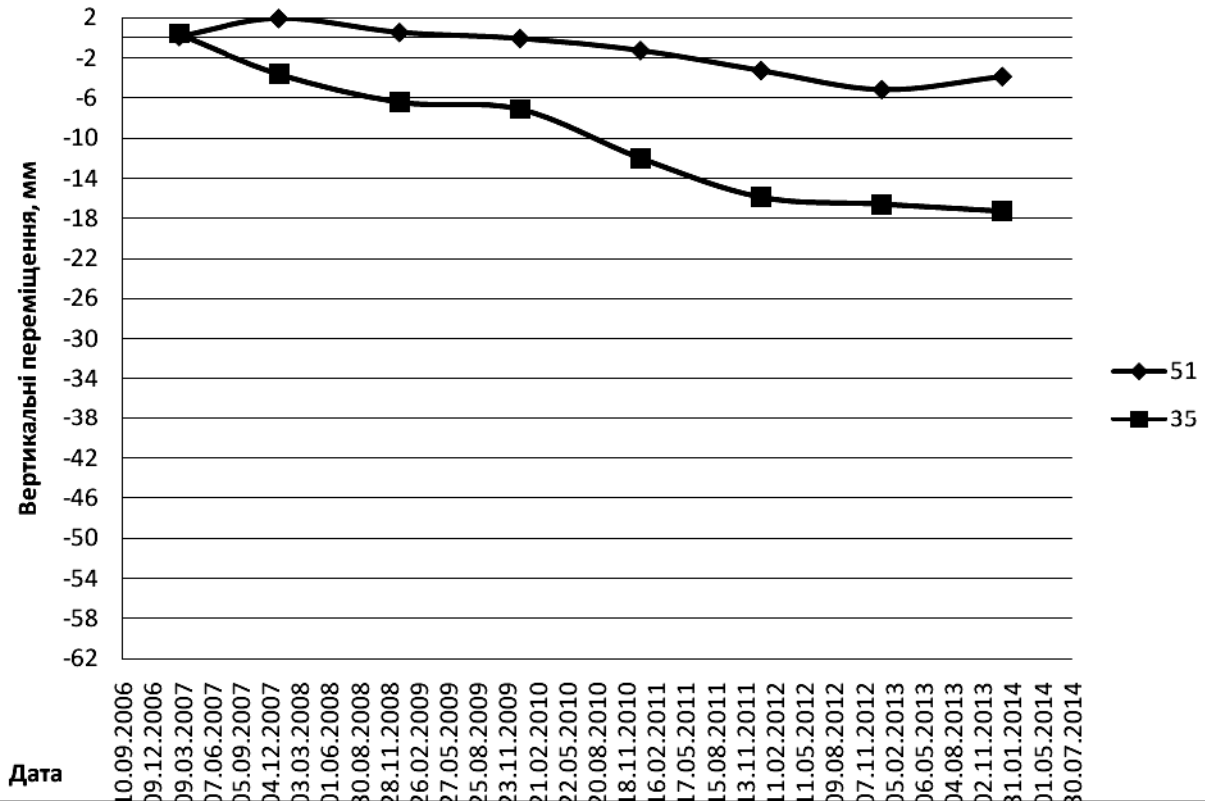


Рис. 4. Графіки розвитку в часі величин вертикальних переміщень осадових марок, встановлених на будинку по осі 1

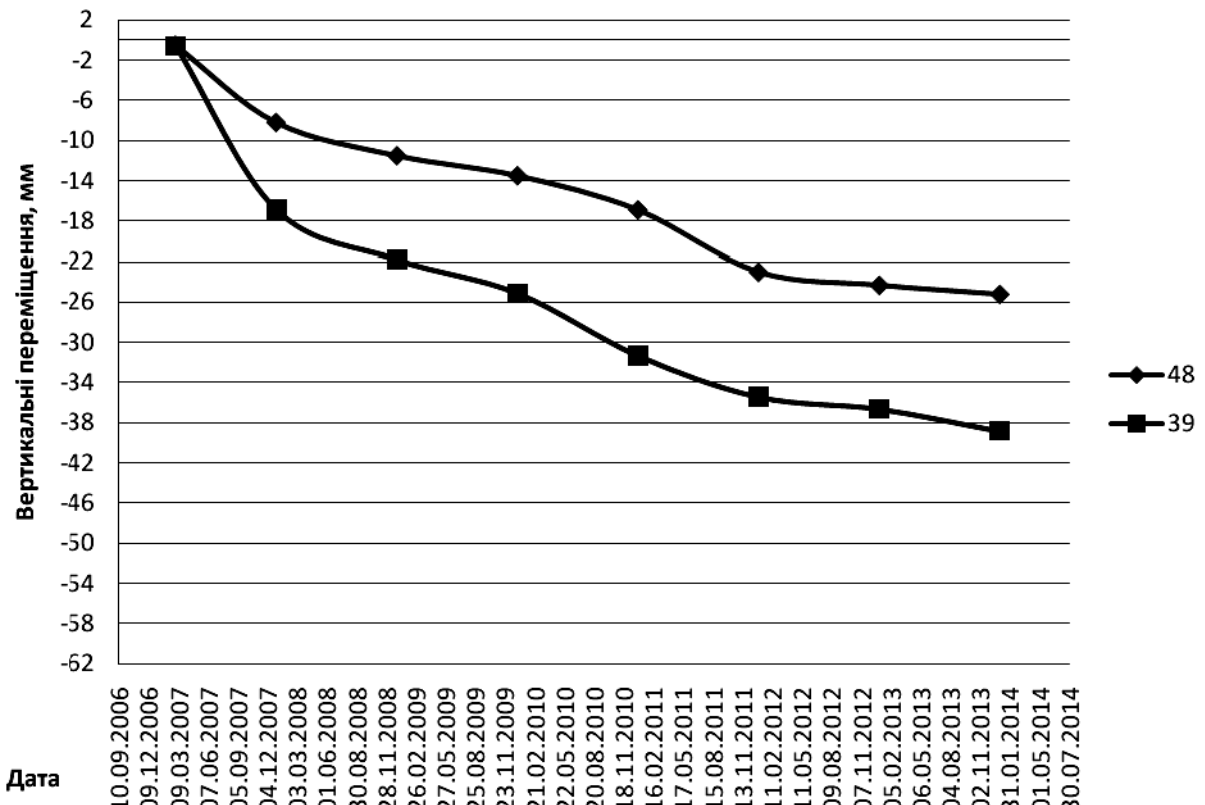


Рис. 5. Графіки розвитку в часі величин вертикальних переміщень осадових марок, встановлених на будинку по осі 7

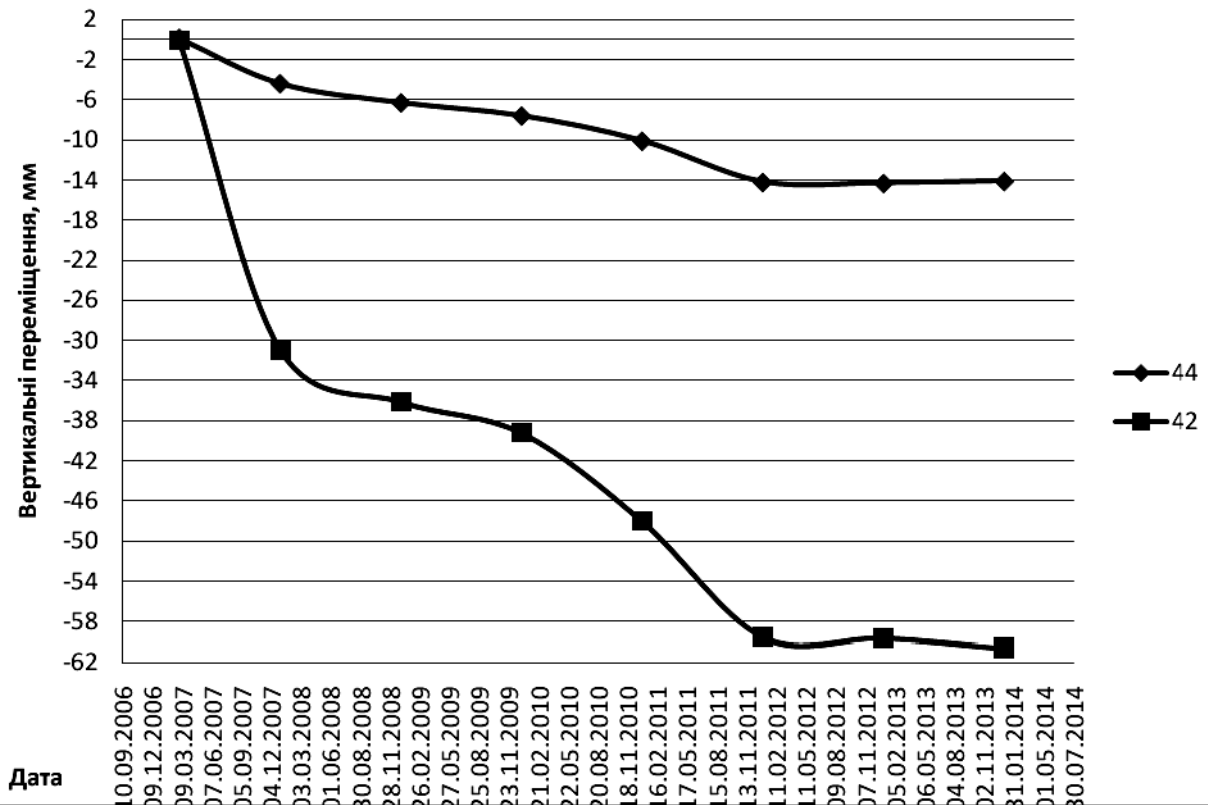


Рис. 6. Графіки розвитку в часі величин вертикальних переміщень осадових марок, встановлених на будинку по осі 14

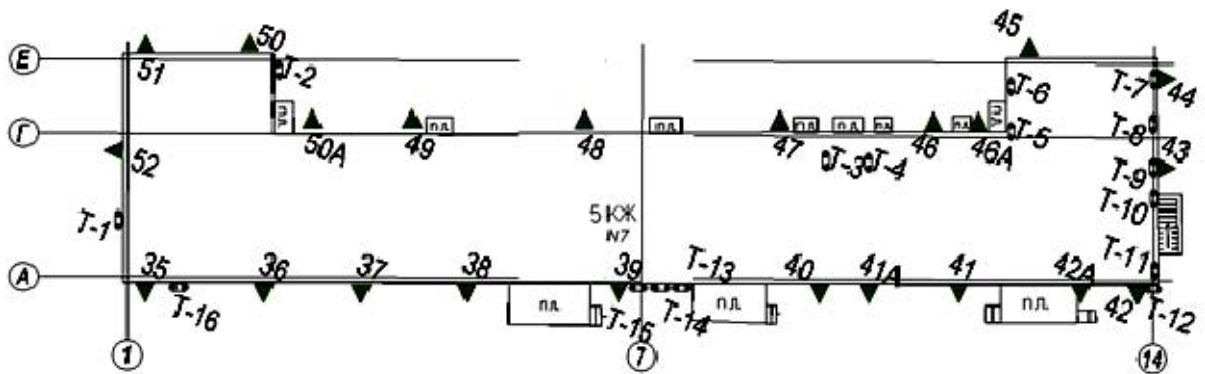


Рис. 7. Схема розташування осадових марок



Таблиця 2

## Фіксація активізації вертикальних деформацій будинку

Періоди найбільш активних осідань фундаментів	Осадова марка	Максимальна осадка з попереднього вимірювання (мм)	Максимальна осадка з початку спостережень (мм)	Середня осадка по будинку (мм)	Відносна різниця осідань	Перелік робіт, що попередували періодам найбільш активних осідань фундаментів	Фіксація природних та техногенних явищ на території
червень 2007 р.	51	+0,1	-0,2	-3,02	0,0000	Відкопка котловану до позначки 163.00 м (при позначці підлоги 1-го поверху існуючого будинку 171.51 м) і влаштування ґрунтових анкерів 1-го ярусу	Тривалі дощі у травні. Прорив магістральної траси водопостачання на початку червня. Деформації асфальтового покриття. Поява нових тріщин в існуючому будинку, а існуючі тріщини збільшились у ступені розкриття та по довжині.
	35	-1,1	-1,1				
	48	-1,5	-2,2				
	39	-2,7	-3,4				
	44	-1,6	-1,9		0,0003		
42	-6,6	-7,2					
жовтень-листопад 2007 р.	51	0,0	+1,6	-9,91	0,0003	Відкопка котловану до позначки 159.30 м і влаштування ґрунтових анкерів 2-го ярусу.	Видавлювання ґрунту між палями при спробах відкопати котлован нижче рівня ґрунтових вод, конуси видавлювання висотою біля 1,5 м.
	35	-0,1	-3,7				
	48	-0,2	-7,2				
	39	-1,5	-15,6				
	44	0,0	-3,4		0,0012		
42	-3,9	-25,5					
серпень-жовтень 2008 р.	51	-0,6	+0,7	-12,12	0,0004	Відкопка котловану до позначки 154.90 м і влаштування підкосів замість ґрунтових анкерів 3-го ярусу	
	35	-1,6	-6,3				
	48	-1,3	-11,4				
	39	-1,9	-21,0				
	44	-0,6	-6,3		0,0016		
42	-1,0	-35,9					
грудень 2010 р.	51	0,0	-0,4	-17,99	0,0006	Відкопка фундаментів існуючого будинку для	Згідно марок деформації йдуть при виконанні земляних робіт для
	35	-3,0	-11,1				
	48	-1,3	-15,5		0,0012		

	39	-2,5	-30,1			підсилення палями	підсилення палями
	44	0,0	-9,9		0,0020		
	42	-3,8	-46,7				
січень- травень 2011 р.	51	-1,5	-2,8	-	0,0007	Відкопка фундаментів існуючого будинку для підсилення палями	
	35	-3,8	-15,8	23,94			
	48	-5,3	-22,2		0,0010		
	39	-4,1	-35,4				
	44	-3,1	-13,2		0,0025		
	42	-11,3	-59,3				
червень- липень 2013 р.	51	+0,1	-4,2	-	0,0007	Влаштування дренажу	Різне зниження грунтових вод після виконаного променевого дренажу на 8 м нижче від запроектованого
	35	-0,7	-17,3	25,48			
	48	-0,4	-24,7		0,0011		
	39	-1,5	-38,1				
	44	0,0	-14,2		0,0025		
	42	-0,9	-60,5				

Аналізуючи розвиток в часі величин вертикальних переміщень осадкових марок відмітимо характерне затухання осідань при використанні підкосів замість ґрунтових анкерів, та також після підсилення будинку палями. Зазначимо, що при проектуванні підсилення фундаментів необхідно враховувати осідання будинку під час виконання цих робіт.

### Висновки.

Починаючи з 12 грудня 2006 року по 20 листопада 2013 року виконано 103 цикли інструментальних інженерно-геодезичних вимірювань деформацій існуючого житлового будинку.

За результатами цих вимірювань зроблені висновки, щодо причин активізації осідань фундаментів існуючого житлового будинку у відповідності до виду будівельних робіт.

Зазначено, що найбільш небезпечні як для нових споруд, а особливо для конструкцій існуючої забудови є нерівномірність деформацій основи, яка викликає додаткові зусилля, що призводять до появи системи нових тріщин.

Результати натурних спостережень дозволяють підтвердити отримані чисельні розрахунки [2, 3] та прогнозувати зміну НДС системи “будівля-схил-основа” при подальшому розгляді дії різних факторів. Також ці результати дають можливість оцінити вплив зміни НДС основи інших будівель і споруд, що знаходяться в межах цієї ущільненої забудови.

Список літератури

1. Технічний стан конструкцій житлової будівлі по пров. Мар'яненка, 7 в м. Києві: звіт про науково-технічну роботу. – К.: НДІБК, 2008. –312с.
2. Научный потенциал молодых ученых для инновационного развития строительного комплекса Нижнего Поволжья: материалы Международной научно-практической конференции, 24 декабря 2010 г., Волгоград: в 2-х ч. Ч.II / Волгогр.гос.архит.-строит.ун-т. - Волгоград: ВолгГАСУ, 2011. – 355 с.
3. Основи і фундаменти: Міжвідомчий науково-технічний збірник. – К.:КНУБА. – 2011. – Вип. 32. – 200 с.
4. Проведение обследования технического состояния 5-этажных жилых домов № 7 и № 9, по ул. Ивана Марьяненко в г. Киеве и выдача заключения о их техническом состоянии: отчет о научно-исследовательской работе (заключ.) – К.: КиевЗНИИЭП,2004. –58с.

**Петренко Э.Ю., канд. техн. наук, доцент**

**Воробьева Н.В., вед. конструктор**

Киевский национальный университет строительства и архитектуры

**МОНИТОРИНГ ДЕФОРМАЦИЙ ЖИЛОГО ЗДАНИЯ  
ВПОСЛЕДСТВИИ ЗАСТРОЙКИ ОПОЛЗНЕОПАСНОГО СКЛОНА**

*АННОТАЦИЯ: Проведен анализ причин деформаций жилого здания на оползнеопасной территории в зависимости от характера этапов застройки.*

*Ключевые слова: СКЛОН, ОПОЛЗНЕОПАСНАЯ ТЕРРИТОРИЯ, МОНИТОРИНГ, ПЛОТНАЯ ЗАСТРОЙКА.*

**Petrenko E. Yu., PhD, assistant professor**

**Vorobiova N.V., project engineer**

Kiev National University of construction and architecture

**DEFORMATION MONITORING OF A RESIDENTIAL  
BUILDING LATER DEVELOPMENT LANDSLIDE-PRONE SLOPE**

*ABSTRACT: The analysis of the causes of deformation of a residential building on landslide-prone areas, depending on the nature of the stages of development.*

*Keywords: SLOPE, LANDSLIDE-PRONE AREA, MONITORING, SEALS BUILDING.*