



ЗОЦЕНКО МИКОЛА ЛЕОНІДОВИЧ

Доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри видобування нафти і газу та геотехніки Полтавського національного технічного університету імені Юрія Кондратюка

Основні напрямки наукової діяльності: удосконалення технологій, розрахунків і конструювання фундаментів, які влаштовують без виймання ґрунту, обстеження та проектування

Автор понад 350 наукових праць
E-mail: zotcenco@mail.ru



ВИННИКОВ ЮРИЙ ЛЕОНІДОВИЧ

Доктор технічних наук, професор, професор кафедри видобування нафти і газу та геотехніки Полтавського національного технічного університету імені Юрія Кондратюка

Основні напрямки наукової діяльності: розрахунок і проектування основ і фундаментів з ущільненням ґрунту, зокрема із реалізацією чисельних та імовірнісних методів; обстеження та проектування фундаментів при реконструкції споруд

Автор понад 250 наукових праць
E-mail: vynnykov@yandex.ru



ВЕДЕНІСОВ АНДРІЙ ВАСИЛЬОВИЧ

Асистент кафедри видобування нафти і газу та геотехніки Полтавського національного технічного університету імені Юрія Кондратюка

Основні напрямки наукової діяльності: чисельні методи розрахунку основ і фундаментів

Автор 10 наукових праць
E-mail: andreyy3337@hotmail.com

УДК 624.15:624.131.53

ОСІДАННЯ БУДИНКУ ПРИ ПОСЛІДОВНОМУ ЗВЕДЕННІ СЕКЦІЙ

Ключові слова: основа, фундамент, осідання, нівелювання, вплив новобудов, роз'єднувальний екран, ґрунтоцемент, бурозмішувальна технологія.

Викладено результати тривалих геодезичних вимірювань осідань основ фундаментів чотирьохсекційного шестиповерхового житлового будинку з послідовним зведенням секцій для визначення закономірностей впливу новобудов на вже зведені секції. При цьому для зміцнення основ фундаментів окремих секцій та улаштування роз'єднувальних екранів між ними застосовано ґрунтоцемент, який виготовлено за бурозмішувальним методом.

Изложены результаты длительных геодезических измерений осадок оснований фундаментов четырехсекционного шестиэтажного жилого дома при последовательном возведении секций для определения закономерностей влияния новостроек на ранее возведенные секции. При этом для упрочнения оснований фундаментов отдельных секций и устройства разъединительных экранов между ними использован ґрунтоцемент, изготавливаемый буромесительным методом.

Results of the lengthy geodesic measurements of the foundations settlements are expounded. There is considering residential building with four sections, six floors, with sequential construction of the sections. It is comfortable to determine dependencies of the impact of the already constructed sections on the newly built

section. Soil-cement elements are used as separating shield to increase carrying load of the soil basement. Soil-cement elements are produced by drilling-mixing method.

Постановка проблеми. Питання зведення будівель і споруд за умов щільної забудови завжди актуальне, йому приділено чимало уваги науковців і проектувальників. Маємо цілий ряд прикладів негативного впливу новобудов на існуючу забудову [1 – 8]. Так став класичним випадок наднормативних осідань основ двох існуючих п'ятиповерхових житлових будинків від зведення і наступної експлуатації між ними дома-вставки в Києві, на розі проспектів Перемоги та Повітрофлотського (рис. 1). Такі явища є сенс ділити на два послідовні етапи. Перший – будівельний (земляні роботи й улаштування основ і фундаментів), на якому існуючим будівлям найбільшу шкоду наносить неврахування явищ і неприйняття відповідних контрзаходів. До небезпечних процесів етапу відносять деформації основи від зрушення укосів і випинання дна котловану, виткання нестійких ґрунтів (пливунів) з основи будівель, що існують,



Рис.1. Вплив на існуючі п'ятиповерхові житлові будинки від дома-вставки між ними (Київ, ріг проспектів Перемоги та Повітрофлотського).

при влаштуванні котлованів і свердловин для набивних паль і т. ін. Другий етап охоплює частково будівельний і експлуатаційний періоди. У цей час основа новобудови осідає від росту навантажень (зведення конструкцій будівлі, опоряджувальні роботи, монтаж обладнання, інші тимчасові навантаження). Далі осідання певний час зростають у процесі експлуатації будівлі за повного навантаження на основу [9].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. За вказаних умов актуальною є задача прогнозу деформацій основ як новобудов, так і тих що межують із зоною новобудови. Поява надмірних додаткових осідань існуючих будівель спричинена недосконалістю методів розрахунку деформацій основ за межами площі фундаментів будівель, у так званій, «зоні впливу» [10]. Перевірити коректність існуючих методів прогнозування таких деформацій можливо лише шляхом вимірів осідань основ існуючих будівель і споруд, які виникають під час нового будівництва й наступної експлуатації зведених об'єктів [11 – 15].

Актуальним слід вважати й удосконалення методів захисту існуючих споруд від впливу новобудов. Перспективний напрямок захисту – улаштування роз'єднувальних екранів у масиві між існуючою спорудою та новобудовою. Є досвід зведення різних конструкцій екранів із використанням ряду матеріалів і технологій [16 – 19], зокрема в ПолтНТУ досліджено улаштування цих екранів із ґрунтоцементу за бурозмішувальним методом [20]. Геотехнічні властивості ґрунтоцементу вже достатньо досліджено [20 – 23]. Принципи проектування роз'єднувальних екранів найбільш детально викладено у ТСН 50-302-96 [10].

Виділення не розв'язаних раніше частин загальної проблеми. Однак, поки геотехніки мають дуже обмежені дані тривалих геодезичних спостережень за впливом новобудов на осідання основ фундаментів існуючої забудови, що не дає можливості перевірки коректності методів розрахунку роз'єднувальних екранів, зокрема виготовлених із ґрунтоцементу.

Тому за мету дослідження прийнято – отримати нові дані про ефективність захисту від впливу новобудов вже існуючих споруд на природних і штучних основах за рахунок роз'єднувальних екранів із ґрунтоцементу, виготовленого за бурозмішувальним методом. Її було досягнуто шляхом тривалих геодезичних вимірювань осідань існуючих

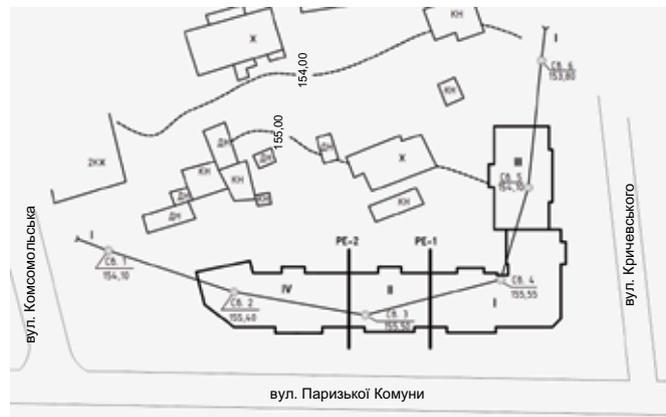


Рис.2. Схема дослідного майданчика: I-IV – номери секцій будівлі; PE-1 і PE-2 – роз'єднувальні екрани.

будівель, викликаних зведенням новобудов. Створено умови для нейтралізації впливу новобудов, як-то, підсилення основ існуючих будівель і влаштування ґрунтоцементних роз'єднувальних екранів.

Виклад основного матеріалу. Ділянка забудови розміщена у центральній частині м. Полтави. У геоморфологічному відношенні вона розташована в межах Полтавського лесового плато. Схему ділянки наведено на рис. 2, де подано розташування усіх чотирьох секцій цегляного шестиповерхового житлового будинку, а також показано бурові свердловини по розрізу I-I.

У межах ділянки (рис. 3) виділено інженерно-геологічні елементи (ІГЕ): ІГЕ-1а – насипні ґрунти і ґрунтово-рослинний шар (потужністю 1,8 – 3,1м); ІГЕ-2 – суглинок лесовий, твердий, високопористий, просадочний (1,7 – 2,1м); ІГЕ-3 – суглинок лесовий, текучопластичний, низькопористий (3,9 – 4,0м); ІГЕ-4 – суглинок тугопластичний (5,9 – 6,0м); ІГЕ-5 – суглинок лесовий, м'якопластичний (пройдено до глибини 17м). Особливість цих умов полягає в тому, що в основі фундаментів (ІГЕ-2) залягає товща просадочних ґрунтів. Її просідання від власної ваги ґрунту складає $S_{st} < 5,0$ см. Початковий просадочний тиск складає $p_{st}=0,15$ МПа. За умови повного замокання ІГЕ-2 його показник текучості складе $I_L = 2,1$. Підстильний шар ІГЕ-3 – суглинок текучопластичний ($I_L = 0,8$). Рівень ґрунтових вод зафіксовано на глибині 4,8 – 5,2 м.

На підставі цих даних для секції I було підсилено основу стрічкових фундаментів армуванням вертикальними ґрунтоцементними елементами (ГЦЕ), які виготовляють за бурозмішувальним методом. На рис. 4 подано конструкцію стрічкового фундаменту під середню стіну будівлі на основі, підсиленій ГЦЕ.

На розрізі (рис. 3) цю основу показано під індексом Ш – штучна. Вона прорізає шар ІГЕ-2 і заходить в ІГЕ-3. Загальна висота підсиленого шару основи складає 4,3м. За даними штампових випробовувань для ІГЕ-2 модуль деформації природного ґрунту $E = 10,8$ МПа при розрахунковому опорі ґрунту $R = 125$ кПа, а для підсиленої основи відповідно $E = 22,4$ МПа та $R = 390$ кПа.

Зведення будинку розпочато у вересні 2006 р. із секції I. Середній тиск під подошвою її фундаменту склав $p=280$ кПа, а розраховане осідання армованої основи $S=7,8$ см. Будівельні роботи по секції I завершилися 28.09.2007.

Другу чергу (секція II) розпочато у вересні 2007р., а завершено у травні 2008 р. Для неї прийнято стрічковий фундамент на природній основі, середній тиск під подошвою якого – $p=180$ кПа при $R=200$ кПа. Розраховане осідання

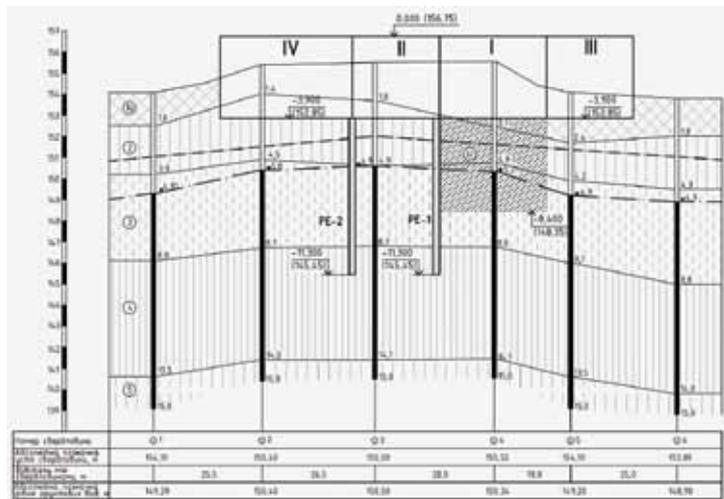


Рис.3. Інженерно-геологічний розріз по I-I; II, III, IV – секції будинку; PE-1, PE-2 – роз’єднувальні екрани; III – штучна основа.

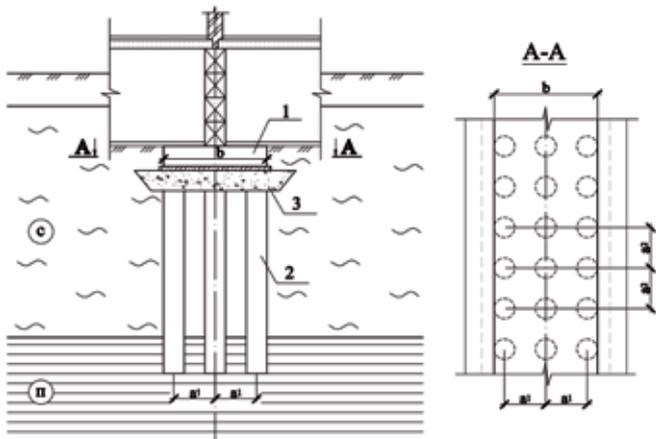


Рис.4. Стрічковий фундамент на підсиленій основі під середню стіну: с – слабка основа (ІГЕ-2); п – придатна основа (ІГЕ-3); 1 – стрічковий фундамент; 2 – вертикальні ГЦЕ; 3 – щеленова розподільча подушка.



Рис.5. Загальний вигляд будинку в м. Полтаві по вул. Паризької Комуни.

природної основи фундаменту без урахування її замкнення складо $S=8,2\text{см}$.

Виходячи з попередніх міркувань щодо секції I, секцію II вважаємо новобудовою. Після відривання котловану під будівлю, відповідно до схеми на рис. 1, влаштовано роз’єднувальний екран PE-1 з ГЦЕ діаметром 300 мм і довжиною 7,4 м, занурений в ІГЕ-4. Середній тиск під подошвою фундаменту – $p=280\text{кПа}$, а розраховане осідання

армованої основи фундаменту $S=7,8\text{см}$. Завершення будівельних робіт у секції I зафіксоване 28.09.2007.

Будівництво третьої секції почалось у травні 2009 р., а завершилось у серпні 2010 р. Середній тиск під подошвою стрічкових фундаментів на природній основі склав $p=180\text{кПа}$ при $R=200\text{кПа}$, а розраховане осідання основи фундаменту $S=7,0\text{см}$. Між секціями I і III екран не влаштовували.

Будівництво четвертої секції почалось у квітні 2010 р., а завершилось у грудні 2011 р. Середній тиск під подошвою стрічкових фундаментів на природній основі склав $p=180\text{кПа}$ при $R=200\text{кПа}$, а розраховане осідання фундаменту $S=8,0\text{см}$. Між секціями II і IV влаштовано роз’єднувальний екран PE-2 з ГЦЕ довжиною 7,4 м, аналогічний екрану PE-1.

Загальний сучасний вигляд житлового будинку наведено на рис. 5.

Для визначення фактичного взаємного впливу окремих секцій будинку в процесі їх зведення та подальшої експлуатації було організоване спостереження за його осіданнями шляхом нівелювання III класу точності [11]. Натурний експеримент здійснено й для визначення осідань секцій будівлі: їх характерних елементів (несучих і самонесучих стін, місць примикань секцій між собою, кутів тощо); в залежності від виду та стану основ фундаментів; за наявності (відсутності) роз’єднувальних екранів для нейтралізації взаємовпливу секцій; для порівняння результатів спостережень з даними польових випробувань ґрунтів штампами та із розрахованими (в т. ч. отриманих із застосуванням програмних комплексів методу скінченних елементів (МСЕ) з алгоритмом пружно-пластичних задач) [24] і граничними осіданнями згідно норм [10, 23].

Методику спостережень за осіданнями будівель на основах і фундаментах, які влаштовують без виймання ґрунту, розроблено в ПолтНТУ [12] з урахуванням досвіду інших фахівців [13 – 15]. У характерних місцях на рівні цоколя несучих стін усіх секцій влаштовано поверхневі марки – металеві штирі діаметром 20 мм, замуrowані на 130 мм у кладку. Від коректного розміщення марок залежить повнота й однозначність фіксації осідань. Марки влаштовано на кутах, з обох боків деформаційних швів, у місцях примикання поперечних і поздовжніх несучих стін. Відстань між ними залежить від ґрунтових умов, розмірів фундаментів, можливих осідань і не перевищує 15 м.

Спостереження розпочато 28.02.2007 зі зведенням цоколю першої секції, в якому влаштовано марки. Спостереження тривають і зараз. Схему нівелювання з розміщенням марок, реперів, станцій подано на рис. 6. Одночасно фіксувались об’єми виконаних робіт (кладка, перекриття, навантаження на них), за якими розраховували середній тиск під подошвою фундаментів. За цими даними будували графіки осідань будівлі в часі для характерних марок окремих секцій.

Секція I. Графіки осідань характерних марок цієї секції наведено на рис. 7. Марка M-112 характеризує деформування центральної частини секції. Марки M-108 і M-110 встановлені на торці секції, який примикає до секції II, що відділена від неї роз’єднувальним екраном PE-1. Нарешті марки M-101 і M-102 розташовані на торці секції, який примикає до секції III без такого екрану. Графіки виконано за середніми величинами з двох паралельних спостережень.

На кожному усередненому графіку ділянка 0-1 характеризує процес деформування основи секції I у період її активного зведення; 1-2 описує вплив зведення секції II на осідання завершеної секції I; 2-3 ілюструє стабілізацію

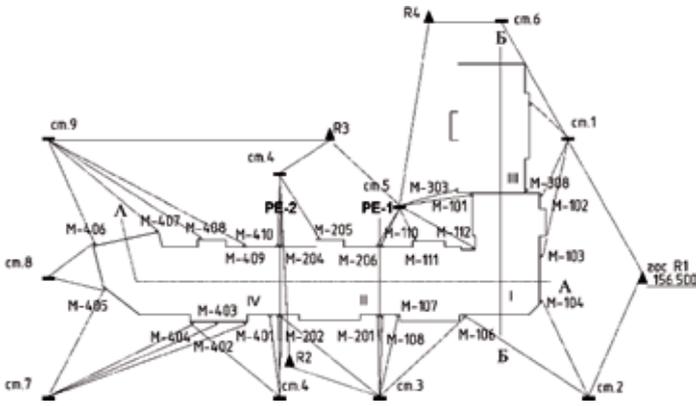


Рис.6. Схема нівелювання геодезичних марок: I-IV – номери секцій будівлі; M-101...M410 – геодезичні марки; PE-1...PE-3 – роз'єднувальні екрани; R-1...R-4 – реperi; C-1...C-9 – проміжні станції нівелювання.

деформацій основи секції I після завершення будівництва секцій I і II; 3-5 фіксує зростання осідань основи секції I внаслідок зведення секції III; 4-6 відповідає періоду будівництва секції IV.

- Таким чином, зафіксовано такі характерні деформації:
- осідання будівлі I до початку зведення секції II за даними марки M-112 склало у середньому на кінець 2014р. 6,0см проти розрахованого 7,8см;
 - вплив зведення другої секції будівлі при наявності роз'єднувального екрану PE-1 за марками M-108 і M-110 проявився у додатковій деформації основи у 1,7см; будівництво III і IV секцій на цю частину секції I практично не вплинуло, простежується стабілізація деформації основи в цій частині секції I, на кінець 2014р. вона склала 8,3см;
 - вплив зведення третьої секції без роз'єднувального екрану простежено за марками M-101 і M-102, він проявився у додатковій деформації основи у 3,2см; після завершення будівництва третьої секції наступила стабілізація деформацій основи в цій частині секції I, на кінець 2014р. вона склала 10,5см;
 - відносна нерівномірність осідань частини секції I, що примикає до секції II, складає $\Delta S/L=(8,3-6)/1600=0,0014$, що менше за нормативну величину [23]; у той час відносна нерівномірність осідань частини секції I, що примикає до секції III, $-\Delta S/L=(10,5-6)/1200=0,003$ перевищує нормативну величину.

Отже, наявність роз'єднувального екрану з ГЦЕ, що виконані за бурозмішувальною технологією, дозволило значно зменшити нерівномірні деформації основи секції I від впливу новобудови (секції II), а за відсутності такого екрану з боку секції III маємо наднормативні нерівномірні деформації основи, які призвели до розкриття волосяних тріщин у цегляних стінах; на даний момент деформації будівлі стабілізувалися.

Секція II (фундаменти – стрічкові на природній основі, без ГЦЕ). З боку новобудови (секції IV) влаштовано роз'єднувальний екран. Графіки осідань марок секції наведено на рис. 8. На кожному усередненому графіку ділянка 0-1 характеризує процес деформування основи секції II у період її активного будівництва; 1-2 описує процес стабілізації осідань завершеної секції II; 2-3 ілюструє процес стабілізації деформацій основи секції II, але вже розпочатому будівництві секції III, яке практично не впливає на деформації її основи; 3-5 фіксує зростання осідань основи

секції II внаслідок будівництва секції IV. Далі маємо затухання осідань основи секції II через завершення зведення чотирьохсекційного будинку. Отже, зафіксовано такі характерні деформації:

- осідання секції II на початок будівництва секції IV – 8,7см, при цьому простежуємо процес стабілізації деформації основи;
- з початком зведення секції IV процес осідання основи секції II активізувався за всією її площею (відстань між марками на торцях секції складає 1900см, що свідчить про розміри «зони впливу» нового будівництва);
- за марками M-201 і M-206, які розташовані на дальньому від секції IV торцю, загальне осідання основи склало 9,8см, а додаткове осідання основи секції II – 2,7см; у той час як за M-202 і M-204 (у примиканні секцій II і IV) загальне осідання основи – 13,9см, додаткове осідання основи секції II – 5,1см;
- відносна нерівномірність осідань секції II за раху-



Рис.7. Графіки осідання секції I у часі за стіновими марками з характерними датами:

- 1 – завершення будівництва секції I; 2 – завершення зведення секції II;
- 3 – початок будівництва секції III; 4 – початок зведення секції IV;
- 5 – завершення будівництва секції III; 6 – завершення зведення секції IV.



Рис.8. Графіки осідання у часі секції II за стіновими марками з характерними датами: 1 – кінець будівництва секції II; 2 – початок зведення секції III; 3 – початок будівництва секції IV; 4 – кінець зведення секції III; 5 – кінець будівництва секції IV.

нок будівництва секції IV на сьогодні складає $\Delta S/L=(5,1-1,5)/1900=0,0013$, що знаходиться у межах нормативної величини [23] (пошкодження цегляних стін відсутні);

- відзначимо, що при значних абсолютних величинах осідань основи секції II, відносна нерівномірність осідань, навіть за впливу новобудови, не перевищила граничну [23]; це віднесено до конструктивної особливості секції II у плані вона близька до квадрату 19,8x18,5м, що робить її, при наявності армованих поясів, жорсткою баштою, що отримує крен від впливу новобудови (секції IV), цим можна пояснити таку перебільшену «зону впливу» новобудови;
- при однаковій вазі усіх секцій будівлі, порівняно з абсолютними осіданнями секції I, осідання секції II суттєво більші (10,5см проти 13,9см); при цьому врахуємо, що тиск фундаментів на основу секції I – $p=280$ кПа, а секції II – $p=180$ кПа, тому ширина стрічкових фундаментів, відповідно, більша; все це можливо пояснити тим, що основа секції I підсилена ГЦЕ.

Секція III (фундаменти – стрічкові на природній основі з середнім тиском під їх підшовою $p=180$ кПа). Новобудови поблизу неї за період спостережень не зводили, тобто, осідання секції III відповідає умовам фундаментів на природній основі без впливу новобудов. Типові графіки осідань марок секції наведено на рис. 9. М-303–11,8см, М-308–12,1см.

Секція IV (фундаменти – стрічкові на природній основі з середнім тиском під їх підшовою $p=180$ кПа). Новобудови поблизу неї за період спостережень не зводили, тобто, осідання секції IV відповідає умовам фундаментів на природній основі без впливу новобудов. Типові графіки осідань марок секції наведено на рис. 10. М-410–11,1см і М-401–11,8см.

Розрахункову схему [10] роз'єднувального екрану подано на рис. 11.

За нею загальна довжина елементів екрану складає $d_{ch}=h_1+h_2$, де за відсутності щільного підстильного шару, h_1 приймають рівним глибині стислої товщі основи новобудови, а h_2 – підбирають так, щоб виконалась умова

$$\sum_{i=1}^n f_{i1} h_i \leq 2 \sum_{i=1}^n f_{i2} h_i, \quad (1)$$

де f_{i1} та f_{i2} – розрахунковий опір i -го шару ґрунту за бічною поверхнею екрану, що приймають за [23] у межах товщини кожного із шарів зон h_1 і h_2 .

Роз'єднувальні екрани у плані проходять уздовж всієї лінії примикання будівель і виходять за межі будівлі, яку захищають, на величину не меншу за $0,25h_1$. На наш погляд, метод проектування таких екранів має певні недоліки:

- при оцінюванні несучої здатності екрану на вертикальне навантаження не повністю враховують її роботу у зоні h_1 ;
- не враховують опір за підшовою екрану;
- вертикальний тиск, який передається на екран відновобудови, приймають як розрахунковий для кожного ґрунтового шару без урахування його затухання з глибиною стислої товщі;
- безпосередньо не визначають величину осідання основи існуючих будівель від впливу новобудови $S_{об}$, тобто, не досягнуто головної мету проектування стінки за деформаціями – порівняння розрахованих і граничних осідань;
- не враховують технічний стан існуючої будівлі при проектуванні екрану.

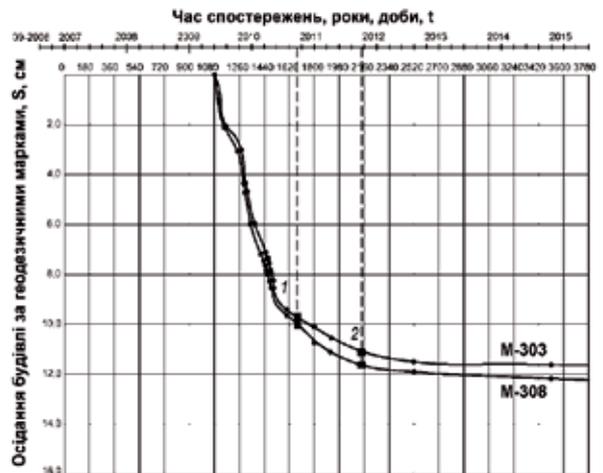


Рис.9. Графіки осідання у часі секції III за стіновими марками з характерними датами: 1 – завершення будівництва секції I; 2 – завершення зведення секції IV.



Рис.10. Графіки осідання у часі секції IV за стіновими марками з характерними датами: 1 – завершення будівництва секції I.

Головним недоліком цього методу слід вважати те, що у ньому взагалі не розглядають питання необхідності роз'єднувального екрану. На наш погляд, вплив новобудови на існуючі будівлі полягає у додатковому осіданні їх основ. Це осідання не однакоє з віддаленням від новобудови. Тому й виникають нерівномірні осідання, що спричиняють пошкодження в конструкціях існуючих будівель. Конструктивно роз'єднувальний екран являє стіну в ґрунті, створено з ряду січних ГЦЕ, як це показано на рис. 11.а.

Накладення перерізів ГЦЕ проводять на величину $0,2d$, де d – діаметр елемента, тобто відстань між їх центрами (крок) складає $0,8d$. При необхідності збільшення ширини підшови екрану ГЦЕ розміщують рядами з шаховим розташуванням. Екран можна виготовляти з двох (рис. 11,б) і трьох (рис. 11,в) рядів ГЦЕ при відстані між ними у поперечному напрямку $0,8d$.

Глибину закладення екрану приймають з урахуванням величини стислої товщі фундаменту новобудови. Найбільшої ефективності екрану досягають, коли його спирають на малостислий шар ґрунту в межах цієї товщі. Ефективність роз'єднувального екрану оцінюють розрахунком його осідання від навантаження новобудови. Приймають, що максимальне осідання існуючої будівлі від

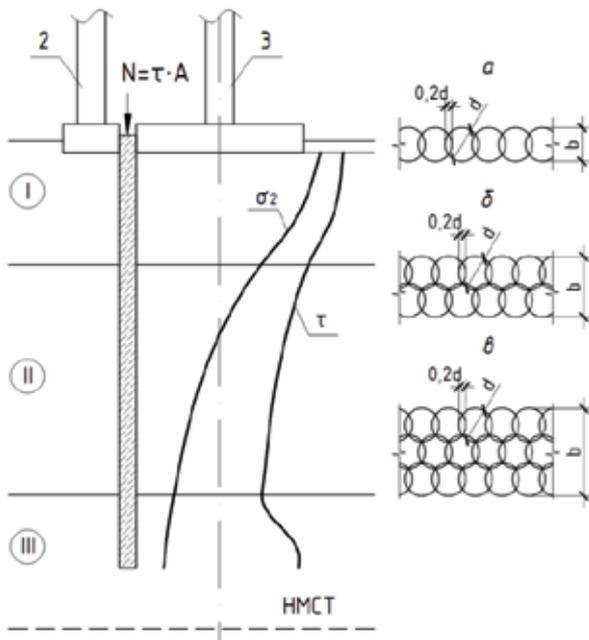


Рис.11. Схема до проектування роз'єднувального екрану: 1 – екран; 2 – існуюча будівля; 3 – новобудова; I-II – шари стисливих ґрунтів; III – малостисливий ґрунт; σ_2 – горизонтальні головні напруження на екран від новобудови; τ – дотичні напруження, за поверхнею екрану; а – однорядне, б – дворядне, в – трьохрядне розташування ГЦЕ.

впливу новобудови дорівнює осіданню роз'єднувального екрану.

Розрахунок ґрунтоцементних роз'єднувальних екранів слід проводити за II групою граничних станів основи (деформаціями). Він передбачає визначення абсолютних і відносних деформацій конструкцій будівель та споруд, які не мають перевищувати граничних величин [10, 23], і полягає у наступному:

- визначають «зону впливу» новобудови на навколишню територію, на ній виділяють будівлі та споруди, які потребують розгляду на предмет їх захисту;
- будівлі (споруди) у «зоні впливу» слід обстежити щодо оцінювання категорії їх технічного стану, за яким встановлюють граничне додаткове осідання основи існуючої будівлі від впливу новобудови $S_{ad.u}$ [10];
- за допомогою методу куткових точок механіки ґрунтів [1, 7, 8, 23] як для стрічкового фундаменту визначають головні вертикальні напруження, σ_1 , в ґрунті за глибиною роз'єднувального екрану в місці його розташування;
- відповідні горизонтальні головні напруження, σ_2 , визначають за формулою

$$\sigma_2 = \sigma_1 \tan^2(45^\circ - \varphi_{II}/2); \quad (2)$$

- дотичні напруження, τ , за поверхнею екрану визначають за виразом

$$\tau = \sigma_2 \tan \varphi_{II} + c_{II}; \quad (3)$$

- визначають осідання основи існуючих будівель від впливу новобудови, S_{ad} і порівнюють отриману величину з гранично допустимою $S_{ad.u}$ (за табл. 4 [10] залежно від технічного стану існуючої будівлі); при $S_{ad} \leq S_{ad.u}$ захисні заходи не проектують, а при $S_{ad} > S_{ad.u}$ захищають існуючі будівлі від новобудови.

Припустимо, що на роз'єднувальний екран, розташова-

но безпосередньо поруч з існуючим фундаментом, і діє вертикальне навантаження, що дорівнює сумарній величині довантажувальної сили тertia, визначеної з урахуванням формули (3). За цими даними можна визначити осідання екрану за допомогою аналітичних методів механіки ґрунтів.

Зазначимо, що цей метод розрахунку впливу новобудови на існуючу споруду не враховує всі особливості розрахункової схеми роботи екрану між новобудовою й існуючою спорудою, зокрема, чинник підсилення основи (й зменшення її стисливості) секції I, а також характер затухання деформацій від впливу новобудови з віддаленням від неї.

Для урахування цих недоліків у розрахунку впливу новобудови на існуючі споруди доцільно використати МСЕ з алгоритмом пружно-пластичної задачі. Для цього є сенс скористатись одним з апробованих програмних комплексів [24]. Зокрема, для даної геотехнічної задачі автори використали комплекс FEMAP 10.0 with NX.Nastran 7.1. Значення осідань основ фундаментів секцій будівлі, отримані моделюванням і геодезичними спостереженнями, порівняно в табл. 1. Перевищення на 2 – 14% змодельованих величин над фактичними можливо пояснити тим, що кінцевої стабілізації осідань основ фундаментів секцій будівлі поки ще не досягнуто.

ВИСНОВКИ:

Отже, натурний дослід з послідовного зведення чотирьохсекційної будівлі дозволяє зробити висновки щодо впливу новобудов на осідання основ фундаментів суміжних споруд за умов стисненої забудови.

1. Ділянку Полтавського лесового плато підтоплено. Будинок має чотири окремі шестиповерхові цегляні секції, відстань між крайніми осями яких 800 мм. Зведення кожної наступної секції починали після завершення попередньої. Фундаменти – стрічкові залізобетонні, що спираються на суглинок твердий, високопористий, просадочний. Лише під секцією I його підсилено ГЦЕ, влаштованими за бурозмішувальною технологією, внаслідок чого модуль деформації (за штамповими випробуваннями) зріс з 10,8 МПа до 22,4 МПа.
2. Роз'єднувальні екрани з січних ГЦЕ довжиною 7,4 м влаштовані між секціями I та II, а також II і IV, між секціями I та III екран відсутній. Тобто, сформовані три різні умови взаємодії впливу новобудови на існуючу будівлю: 1) новобудова (II) на природній основі – існуюча будівля (I) на поліпшеній основі, між якими є роз'єднувальний екран (PE-1); 2) новобудова (IV) на природній основі – існуюча будівля (II) на природній основі, між якими є екран (PE-2); 3) новобудова (III) на природній основі – існуюча будівля (I) на поліпшеній основі, між якими немає роз'єднувального екрану.
3. Тривалими геодезичними спостереженнями за стіновими марками у характерних місцях усіх секцій будівлі встановлено, що:
 - роз'єднувальний екран знижує вплив новобудов на осідання існуючої будівлі, та він сідає разом з новобудовою. Зменшити це осідання можливо, зануливши екран на всю стисливу товщу основи фундаменту, бажано спирати екран на нестисливий ґрунт (у досліді стисла товща склала до 16 м, а глибина закладення екрану – лише 7,4 м);
 - підсилена основа сідає менше за природну від впли-

Таблиця 1. Результати осідань будівель, отримані моделюванням і спостереженнями

Секції	№ стінових марок	Наявність підсиленої ГЦЕ основи	Наявність роз'єднувального екрану	Осідання, S , см	
				спостереження	моделювання
I – II	M110-M206	так	так	11,0	12,8
I – III	M102-M308	так	ні	13,0	13,3
II – IV	M204-M410	ні	так	12,0	12,9

ву новобудови. Так при наявності екрану секція I на підсиленій ГЦЕ основі отримала додаткове осідання вдвічі менше (1,7 см), ніж секція II на природній основі (3,2 см);

– на сьогодні з урахуванням впливу новобудов осідання секцій будівлі досягли: I – 10,5 см; II – 13,9 см; III – 10,8

см; IV – 9,8 см. На секції III і IV новобудови не впливали, а середній тиск під подошвою фундаментів цих секцій $p = 180$ кПа, менший, ніж для секції I, де $p = 280$ кПа. Тобто, для зниження впливу новобудов на існуючі будівлі доцільно підсилення їх основ у комплексі з влаштуванням роз'єднувальних екранів.

4. Встановлено певні недоліки аналітичного методу розрахунку впливу новобудов на існуючі споруди. Більш практично використати апробований програмний комплекс МСЕ з алгоритмом пружно-пластичної задачі.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- Далматов, Б.И. Механика грунтов, основания и фундаменты. – Л.: Стройиздат, Ленингр. отд-ние, 1988. – 415 с.
- Черний, Г.І. Будівництво нових споруд в умовах щільної міської забудови / Г.І. Черний. – Будівництво України. – 2000. – №4. – С. 6 – 9.
- Бойко, І.П. Процеси деформування основи пильових фундаментів в специфічних ґрунтових умовах / І.П. Бойко, В.О. Сахаров, О.О. Арешкович // Світ геотехніки. – 2010. – № 3 (27). – С. 30 – 33.
- Симагин, В.Г. Проектирование и устройство фундаментов вблизи существующих сооружений в условиях плотной застройки. – М.: Изд-во АСВ, 2010. – 128 с.
- Улицкий, В.М. Геотехническое сопровождение развития городов / В.М. Улицкий, А.Г. Шашкин, К.Г. Шашкин – СПб.: «Стройиздат Северо-Запад», 2010. – 551 с.
- Коновалов, П.А. Основания и фундаменты реконструируемых зданий: монография / П.А. Коновалов, В.П. Коновалов. – М.: АСВ, 2011. – 384 с.
- Справочник геотехника. Основания, фундаменты и подземные сооружения / Под ред. В.А. Ильичева и Р.А. Мангушева. – М.: Изд-во АСВ, 2014. – 728 с.
- Механіка ґрунтів. Основи та фундаменти. Підручник / В.Б. Швець, І.П. Бойко, Ю.Л. Винников, М.Л. Зоценко, О.О. Петраков, О.В. Солодякін, В.Г. Шаповал, О.М. Шашенко, С.В. Біда. – Дніпропетровськ: «Пороги», 2014. – 232 с.
- Зоценко, М.Л. Ефективність роз'єднувальних стінок у ґрунті при захисті існуючих будівель від впливу новобудов / М.Л. Зоценко, О.В. Борт // Бетон и железобетон в Украине. – 2007. – №1. – С. 24 – 27.
- ТСН 50-302-96. Устройство фундаментов гражданских зданий и сооружений в Санкт-Петербурге и на территориях, административно подчиненных Санкт-Петербургу. – СПб., 1997. – 102 с.
- Руководство по наблюдениям за деформациями оснований и фундаментов зданий и сооружений. – М.: Стройиздат, 1975. – 156 с.
- Зоценко, М.Л. Напружено-деформований стан основ фундаментів, які споруджують без виймання ґрунту: Автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 05.23.02. / М.Л. Зоценко. – К.: НДІБК, 1994. – 44 с.
- Брайт, П.И. Геодезические методы измерений деформаций оснований и сооружений. – М.: «Недра», 1965. – 298 с.
- Егоров, К.Е. К расчету деформаций оснований: сборник статей / К.Е. Егоров. – М.: ФГУП «ВНИИТПИ», 2002. – 400 с.
- Сотников, С.Н. Строительство и реконструкция фундаментов зданий и сооружений на слабых грунтах // Автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 05.23.02. / С.Н. Сотников. – М.: ВНИИОСП, 1987. – 49 с.
- Зоценко, М.Л. Напружено-деформований стан основи при влаштуванні глибоких котлованів. – Світ геотехніки. – 2006. № 3. – С. 10 – 13.
- Ильичев, В.А. К расчету о применении технологии Jet grouting при строительстве подземного сооружения для снижения осадок окружающих зданий / В.А. Ильичев, Ю.А. Готман // Научно-практ. и теоретические проблемы геотехники. Межвуз. тематич. сб. тр.– СПб.: СПбГАСУ, 2009. – Т. 2. – С. 20 – 24.
- Винников, Ю.Л. Методика и опыт расчета устойчивости бортов глубоких котлованов, закрепленных вертикальными ґрунтоцементными элементами / Ю.Л. Винников, М.А. Харченко // Фундаменты глубокого заложения и проблемы освоения подземного пространства. – Материалы Междунар. конф. – Пермь: Изд-во ПНИПУ, 2011. – С. 260 – 271.
- Мангушев, Р.А. Проектирование и устройство подземных сооружений в открытых котлованах: учеб. пособие / Р.А. Мангушев, Н.С. Никифорова, В.В. Конюшков, А.И. Осокин, Д.А. Сапин. – М., СПб.: Изд-во АСВ, 2013. – 256 с.
- Зоценко, М.Л. Проект технічних умов на проектування та влаштування роз'єднувальних екранів з ґрунтоцементних елементів, виготовлених бурозмішувальним методом / М.Л. Зоценко, А.В. Веденісов // Зб. наук. праць (галузеве машинобуд., буд-во) / Полт. нац. техн. ун-т ім. Юрія Кондратюка. Вип. 1(40). – Т. 1. – Полтава: ПолтНТУ, 2014. – С. 248 – 258.
- Characteristics of manmade stiff grounds improved by drill-mixing method / M. Zotsenko, Yu. Vynnykov, I. Lartseva, V. Shokarev, V. Krysan // Proc. of 15th European Conf. on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering «Geotechnics of Hard Soils – Weak Rocks». – Athens. – 2011. – P. 1097 – 1102.
- Denies, N. Summary of the short courses of the IS-GI 2012 latest advances in deep mixing / N. Denies, G.V. Lysebetten // Proc. of the Intern. Symposium on Ground Improvement IS-GI. – Brussels. – 2012. – P. 73 – 123.
- ДБН В.2.1-10-2009. Основи та фундаменти будівель і споруд. Основні положення проектування. Зі змінами №1 і №2. – К.: Мінрегіонбуд України. – 2009. – 161 с.
- Chau, K.T. Numerical Methods / K.T. Chau // Proc. of the 18th Intern. Conf. on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering. – Paris. – 2013. – P. 647 – 654.