

А.І. Юхименко, Р.В. Самченко

Запорізький національний університет, Україна

ТЕХНОЛОГІЯ ВІДНОВЛЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОЇ СПРОМОЖНОСТІ ДЕФОРМОВАНИХ БУДІВЕЛЬ УПРАВЛІННЯМ ЖОРСТКОСТІ ОСНОВ ФУНДАМЕНТІВ

При проектуванні та будівництві споруд визначаються із відповідними кінцевими стабілізаційними деформаціями, розрахованими в припущенні, що процес деформування основ практично закінчений і коефіцієнт жорсткості основи розподілений рівномірно відповідно до ступеню навантаження та властивостям ґрунтів. Однак на територіях зі складними інженерно-геологічними умовами в процесі експлуатації часто відбувається зміна жорсткості основ під впливом різних чинників і, як наслідок, нерівномірні осідання фундаментів і деформації будівель.

Розглянутий метод відновлення експлуатаційної спроможності деформованих будівель, споруд, який базується на регулюванні жорсткості основ.

Ключові слова: деформація, відновлення, основи, осідання фундаментів, крен, перфорація, свердловина, станок, параметри.

Постановка проблеми

Деформації будівель, споруд є лихом, яке завдає великих прикростей як економічного, технічного характеру, так і дискомфорту проживання людей.

В процесі проектування та будівництва намагаються застосовувати, як правило, у відповідності із вимогами нормативних документів адекватні методи розрахунків, передові технології і конструкції для якісного та надійного будівництва будівель. При адекватному проектуванні і будівництві споруд визначаються з кінцевими стабілізаційними деформаціями, розрахованими в припущенні, що процес деформування ґрунтів основ практично закінчений, тобто основа, фундаменти і будівля знаходяться в стабілізаційному нормальному стані. Однак на територіях із складними інженерно-геологічними, - гідрогеологічними умовами в процесі експлуатації споруд часто відбувається зміна жорсткості основ фундаментів під впливом негативних обставин і, як наслідок, нерівномірні їх осідання і деформації будівель.

Тому на всіх етапах інвестиційного та життєвального періодів будівельних об'єктів необхідно передбачати попереджувальні міри безпеки експлуатації. А в разі виникнення деформованого стану, негайно усувати для попередження його розвитку і не доведення будівель до аварійної ситуації. Особливо, коли капітальне будівництво в Україні звелось до мінімальних обсягів, збереження будівельного фонду повинно бути державним пріоритетом. Окрім того, для вирішення даної проблеми має бути набір

ефективних технологій по ліквідації або суттєвому зменшенню деформованого стану, розроблених на основі теоретичних, експериментальних досліджень та перевірених в натурних умовах.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Деформації будівель, споруд частіше виникають через нерівномірні осідання фундаментів внаслідок негативного гідрогеологічного та інших впливів на ґрунти основ, у т. ч. негативних геологічних процесів [1], які призводять до деградації характеристик ґрунтів і відповідно до деформацій основ і фундаментів. Існує достатня кількість досліджень та на їх основі розроблені різні технології укріплення основ, у тому числі зміцнення ґрунтів [2,3], які сприяють нівелюванню деформованого стану основ та зменшенню руйнувань будівель. В останні роки широко застосовуються технології зміцнення ґрунтів шляхом їх змішування із укріплюючими розчинами [4-7]. При застосуванні різних методів та технологій по укріпленню ґрунтів в тій чи іншій мірі відбувається зміна модуля деформації ґрунтів і відповідно розрахунковий опір ґрунтів. Ця процедура адекватна зміні жорсткості основ [8-10]. Тому одним із ефективних методів ліквідації деформованого стану будівель, на наш погляд, може бути управління жорсткістю основ. В праці [9] к.т.н. А.С. Трегуб відмічає, що в разі, коли головна задача розрахунку полягає в оцінці напружено-деформованого стану (НДС) конструкцій, доцільно застосовувати в якості розрахункової схеми основи у вигляді моделі змінного коефіцієнта жорсткості. Професор С.Н. Клепиков [10] запропонував метод розрахунку балок і

плит на упругій викривленій основі перемінної жорсткості основи. В даних працях наведені моделі розрахунків будівельних конструкцій управлінням їх жорсткістю. Аналогічний підхід має бути також при розгляді НДС основ.

Формулювання мети статті

Проведені дослідження спонукали до розробки методу усунення деформованого стану будівельних об'єктів на базі управління жорсткістю основ.

Для досягнення поставленої мети вирішувались наступні задачі:

- визначити ефективний спосіб впливу на зміну жорсткості основ деформованих будівель, споруд і можливість його реалізації в труднодоступних та стиснених умовах натурних об'єктів;
- розробити технологію по усуненню деформацій різних видів відповідних конструктивних схем будівель.

Виклад основного матеріалу

Розробка вказаного методу передбачає область зв'язних ґрунтів. Концепція розробки даного методу полягає в наступному. Враховуючи, що основною причиною виникнення деформацій будівель, споруд частіше є нерівномірні осідання фундаментів внаслідок нерівномірних деформацій основ, тому для усунення деформацій будівель доцільно йти шляхом технологічного впливу на основи з метою зміни їх деформованого стану, тобто нівелювання різниці осідань ґрунтів основ. Реалізація такої концепції можлива оперуванням жорсткістю основи при збільшенні або зменшенні модуля деформацій ґрунтів. Рациональне керування жорсткістю основи з метою управління осіданнями фундаментів можна здійснювати технологічними способами. Збільшення модуля деформації можливо досягати укріпленням ґрунтів, зокрема армуванням жорсткими елементами. Зменшення модуля деформації можливо досягати перфоруванням шару основи під фундаментами різними технологіями - щілопоподібною виїмкою ґрунтів скребками чи пропилом, вимивом ґрунту високонапірною струєю та ін. Гіпотеза такого підходу в питанні усунення деформованого стану будівель, споруд полягає в припущенні, що при оптимальній зміні коефіцієнта жорсткості основи K , наприклад нахиленої будівлі, по довжині (ширині) будівлі можна досягнути горизонтального (проектного) положення фундаменту і, як наслідок, усунення її кривизни.

Виходячи із такої гіпотези, нами запропонований на рівні винаходу (декл. патент №65455А) спосіб вирівнювання будівель, споруд [11]. Сутність такого способу полягає в наступному. Нерівномірні осідання фундаментів відбуваються внаслідок різ-

них причин. При правильному виконанні технології зведення будівельних споруд в процесі реалізації адекватного проекту нерівномірні деформації ґрунтів виникають через нерівномірний вплив на ґрунти основи техногенних чинників або неякісна підготовка основ в процесі будівництва. Як наслідок, під дією ваги будівлі (споруди) жорсткість основи нерівномірно змінюється із нерівномірним осіданням фундаменту. Тому для повернення фундаменту в проектне положення потрібно йти зворотним шляхом – відповідною дзеркальною зміною жорсткості основи.

Проілюструємо приклад реалізації запропонованого методу усунення деформацій конструкцій і будівель в цілому на схемі (рис.1). В процесі експлуатації будівлі її основа піддалась деформації зі зміною коефіцієнта жорсткості $k_1(x, y)$ (рис.1а). Поверхня основи зайняла нахилене положення по деякій функції $f(x, y)$ і відповідно фундамент нерівномірно осів, зайнявши нахилене положення (рис.1б). Для вирівнювання фундаменту необхідно виконати нівелювання деформацій шару основи, на який опирається фундамент. Цю дію можна здійснити зміною жорсткості основи за рахунок технологічного процесу - перфорації підстиляючого фундамент шару основи бурінням горизонтальних свердловин змінних параметрів (рис.1в). Під дією ваги споруди і додатковою технологічною процедурою, наприклад зволоженням ціликів ґрунту між свердловинами, які, досягаючи межі міцності, руйнуються і перфорований шар основи стискається по закономірності у відповідності зі зміною параметрів горизонтальних свердловин, що відповідає потрібній зміні жорсткості основи $k_2(x, y)$ (рис.1г), нівелюючи різницю осідань фундаменту, який в результаті займає проектне (горизонтальне) положення.

При цьому необхідно мати на увазі наступне. При деформуванні жорстких будівель, наприклад, монолітних на плитних фундаментах, або шахтні копирі нерівномірно осідають як жорсткий штамп, де зміна осідань фундаментів відбуваються по лінійній закономірності із нахилом, тобто без викривлення підлоги. Тоді як будівлі кінцевої жорсткості (близькі до гнучких), наприклад, цегляні на стрічкових збірних фундаментах при нерівномірних осіданнях підлоги фундаментів викривляється по одній із функцій близьких до параболи або гіперболи [12]. Тому методика розрахунків параметрів перфорування шару основи під фундаментами мають бути різними. Методика розрахунків параметрів перфорування жорстких будівель викладена в праці [13], будівель кінцевої жорсткості в [14].

На всіх етапах усунення деформованого стану об'єктів проводиться моніторинг за процесами осідань фундаменту і контросідань будівель геодезич-

ними методами і за допомогою автоматизованих систем контролю [15].

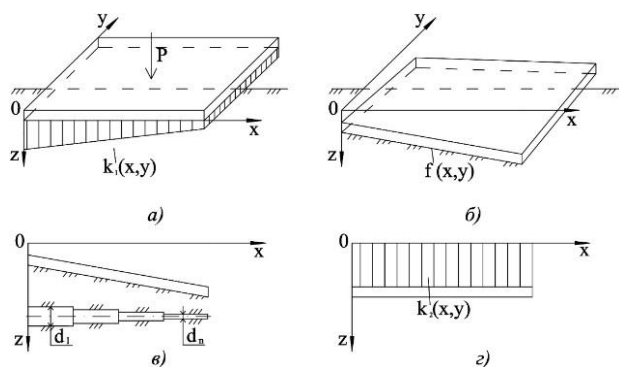


Рис.1. Технологічна схема усунення крену фундаменту зміною жорсткості основи:

а) первинне положення фундаменту та зміна жорсткості основи $k_1(x,y)$ в процесі експлуатації; б) деформоване положення фундаменту; в) вплив на зміну жорсткості основи бурінням горизонтальних свердловин; г) горизонтальне положення фундаменту внаслідок вирівнювання жорсткості основи; k – еюра зміни жорсткості основи; $f(x,y)$ – функція деформації поверхні основи; d_1-d_n – перфорація шару основи свердловинами змінних параметрів; $k_2(x,y)$ – еюра жорсткості після перфорації

Метод ліквідації деформованого стану будівель, споруд управлінням жорсткістю основ бурінням горизонтальних свердловин змінних параметрів впроваджений при успішному вирівнюванні біля 60 наднормативно нахилених будівель, споруд різних конструктивних схем в різних регіонах України.

Для впровадження розробленого методу усунення деформованого стану змінною перфорацією розроблені та виготовлені на рівні винаходу малогабаритні багатofункціональні станки горизонтально-го буріння [16].

Висновки

1. Деформації будівель, споруд у різних про-явах (крену, вигину, прогину та ін.) є розповсюджене негативне явище, яке необхідно негайно усувати для попередження аварійних ситуацій.

2. Найбільш поширеними причинами виникнення деформованого стану будівельних об'єктів є нерівномірні осідання фундаментів через негативний вплив на властивості ґрунтів основ.

3. Рекомендований метод відновлення деформованого стану будівель, споруд управлінням жорсткістю основ шляхом регульованою змінною перфорацією підстилаючого фундаменту шару ґрунту бурінням горизонтальних свердловин змінних параметрів.

Література

1. Дмитриев, Д.А. Требования к инженерной защите при освоении территорий, на которых возможно проявление опасных инженерно-геологических процессов [Текст] / Д.А. Дмитриев // Будівельні конструкції: зб. наук. праць. – Київ: НДІБК, 2013. – Вип. 79. – С. 50-57.
2. Зоценко, М.Л. Прогресивні методи підготовки основ та будівництва фундаментів [Текст] / М.Л. Зоценко // Будівельні конструкції: зб. наук. праць. – Київ: НДІБК, 2008. – Вип. 71. – Кн.1. – С. 23-37.
3. Zotsenko, M., Vynnykov, Yu., Doubrovsky, M., Oganeyan, V., Shokarev, V., Syedin, V., Shapoval, A., Poizner, M., Krysan, V., Meshcheryakov, G. (2013) Innovative solutions in the field of geotechnical construction and coastal geotechnical engineering under difficult engineering-geological conditions of Ukraine. *Proc. of the 18th intern. Conf. on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering*. Paris, 3, 2645 - 2648.
4. JianguoFana. Soil-cement mixture properties and design considerations for reinforced excavations / Jianguo Fana DongyuanWangb DuoQianb. *Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering*, August 2018, 10, 4, 791-797. Retrieved from: <https://reader.elsevier.com/reader/sd/4B176BCE74D1102044815EF2940CA90947698FCF729A7700F96E83B71CF12D0C7CD82280CF098A870A51607B74C56669>.
5. Katzenbach, R., Bachmann, G., Gutberlet, C. (2007) Soil-structure interaction of deep foundations and the ULS design philosophy. *Geotechnical Engineering in Urban Environments: proc of the 14th European Conf. on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering (Madrid, 2007)*. Millpress Sci-ence Publishers Rotterdam, 55 - 60.
6. Kryvosheiev, P., Farenjuk, G., Tytarenko, V., Boyko, I., Kornienko, M., Zotsenko, M., Vynnykov, Yu., Siedin, V., Shokarev, V., Krysan, V. (2017) .Innovative projects in difficult earth conditions using artificial foundation and base, arranged without soil excavation *Proc. of the 19th International Conf. on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering (Sep. 17-22, 2017 / COEX, Seoul, Korea)* - Ed. by W. Lee, J.-S. Lee, H.-K. Kim, D.-S. Kim. Seoul., 3007 - 3010.
7. Donald, A. Bruce, C. (2000) Eng. An Introduction to the Deep Soil Mixing Methods Used in Geotechnical Applications - U.S. Department of Commerce National Technical Information Service Springfield, Virginia, 143. FHWA-RD-99-138
8. Lambert, S., Rocher-Lacoste, F. and Le Kouby, A. (2012). Soil-cement col-umns, an alternative soil improvement method. *International Symposium of ISSMGE-TC211. Recent research, advances and execution aspects of ground improvement works*. 31 May - 1 June 2012, Brussels, Belgium.
9. Клепиков, С.Н. Расчет зданий и сооружений на просадочных грунтах [Текст]: навч. посіб. / С.Н. Клепиков, А.С. Трегуб, И.В. Матвеев. – К.: Будівельник, 1987. – 200 с.
10. Клепиков, С.Н. Общее решение для балок и плит на упругом искривленном основании переменной жесткости [Текст] / С.Н. Клепиков // Исследования по основаниям, фундаментам и механике грунтов. – К.: Будівельник, 1969. – С. 37-47.
11. Спосіб вирівнювання будівель, споруд: пат. 65455А Україна: МПК E02D 35/00, E02D 27/34. – № 2004307935; заявл. 11.07.03; опубл. 15.03.04, – Бюл. № 16. – 5 с.

12. Спосіб усунення деформацій будівель, споруд: Патент України №95510, E02D 3/12, [Текст] / Самченко Р.В., Павлов І.Д., Юхименко А.І., Степура І.В. (Україна) - и2014 07845; Заява 11.07.2014; Опубл. 25.12.2014, Бюл. №24. – 2014. – 2с.
13. Самченко, Р.В. Методика розрахунку параметрів врівнювання нахилених будівель [Текст] / Р.В. Самченко // Збірник наукових праць (галузеве машинобудування, будівництво). – Вип. 3(38). – Т.1. – Полтава: ПолтНТУ, 2013. – С.321-327.
14. Шокарев, В.С. Управление жесткостью основания при ликвидации кренов зданий и сооружений [Текст] / В.С. Шокарев, И.В. Степура, Р.В. Самченко // Труды международного семинара по механике грунтов, фундаментостроению и транспортным сооружениям. – Самарканд, 2002. – С.224-229.
15. Шокарев, В.С. Автоматизированная измерительно-информационная система для мониторинга строительных объектов [Текст] / В.С. Шокарев, В.И. Чаплыгин, С.В. Хилько // Будівельні конструкції. – К.: НДІБК, 2004. – Вип. 61. – С.496-501
16. Буровий верстат: пат. 42283 Україна, МПК E21B 3/00 (2012.01). – № 201204614; заявл. 12.04.12; опубл. 10.10.12, – Бюл. № 19. – 5с.

References

1. Dmitriev, D.A. (2013) Requirements for engineering protection during the development of territories in which the manifestation of dangerous engineering-geological processes is possible. *Construction Designs: a zbirnik of sciences works*. Kyiv: NDIBK, 79, 50-57.
2. Zotsenko, M.L. (2008) Progressive methods of preparation of the basics and the foundation of the foundation. *Construction Designs: a zbirnik of sciences works*. Kyiv: NDIBK, 71, 1, 23-37.
3. Zotsenko, M., Vynnykov, Yu., Doubrovsky, M., Oganessian, V., Shokarev, V., Syedin, V., Shapoval, A., Poizner, M., Krysan, V., Meshcheryakov, G. (2013) Innovative solutions in the field of geotechnical construction and coastal geotechnical engineering under difficult engineering-geological conditions of Ukraine. *Proc. of the 18th intern. Conf. on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering*. Paris, 3, 2645 - 2648.
4. JianguoFan. Soil-cement mixture properties and design considerations for reinforced excavations / Jianguo Fana DongyuanWangb DuoQianb. *Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering*, August 2018, 10, 4, 791-797. Retrieved from: <https://reader.elsevier.com/reader/sd/4B176BCE74D1102044815EF2940CA90947698FCF729A7700F96E83B71CF12D0C7CD82280CF098A870A51607B74C56669>.
5. Katzenbach, R., Bachmann, G., Gutberlet, C. (2007) Soil-structure interaction of deep foundations and the ULS design philosophy. *Geotechnical Engineering in Urban Environments: proc of the 14th European Conf. on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering (Madrid, 2007)*. Millpress Sci-ence Publishers Rotterdam, 55 - 60.
6. Kryvosheiev, P., Farenjuk, G., Tytarenko, V., Boyko, I., Kornienko, M., Zotsenko, M., Vynnykov, Yu., Siedin, V., Shokarev, V., Krysan, V. (2017) Innovative projects in difficult earth conditions using artificial foundation and base, arranged without soil excavation *Proc. of the 19th International Conf. on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering (Sep. 17-22, 2017 / COEX, Seoul, Korea)* - Ed. by W. Lee, J.-S. Lee, H.-K. Kim, D.-S. Kim. Seoul., 3007 - 3010.
7. Donald, A. Bruce, C. (2000) Eng. An Introduction to the Deep Soil Mixing Methods Used in Geotechnical Applications - U.S. Department of Commerce National Technical Information Service Springfield, Virginia, 143. FHWA-RD-99-138
8. Lambert, S., Rocher-Lacoste, F. and Le Kouby, A. (2012). Soil-cement columns, an alternative soil improvement method. *International Symposium of ISSMGE-TC211. Recent research, advances and execution aspects of ground improvement works*. 31 May - 1 June 2012, Brussels, Belgium.
9. Klepikov, S.N., Tregub, A.S. Matveev, I.V. (1987) Calculation of buildings and structures on subsidence soils: textbook. K.: Budivel'nik, 200.
10. Klepikov, S.N. (1969) General solution for beams and plates on an elastic curved base of variable stiffness. *Studies on the foundations, foundations and soil mechanics*. K.: Budivel'nik, 37-47.
11. Tregub, AS, Pavlov, AV, Shokarev, VS, Stepur, IV, Samchenko, R.V. (2003) Pat. 65455A UA, МПК E02D 35/00, E02D 27/34. Method of leveling-up of buildings, structures: (UA); Applicant and patent holder Zaporizhzhya State In-Union Academy (UA). - No. 2004307935; stated. July 11, 2003; published 15.03.04, Bull. No. 16. - 5s.
12. Samchenko, R.V., Pavlov, I.D., Ekumenenko, AI, Stepur, IV (2014) Pat. 95510 UA, МПК E02D 3/12 (2006.01). Method of elimination of deformations of buildings, structures: (UA); Applicant and patent holder Zaporizhzhya state engineering aka-damia (UA). - No. u 201407845; stated. 11.07.14; published 25.12.14, Bull. No. 24. - 3s.
13. Samchenko, R.V. (2013) Method of calculating the parameters of alignment of inclined buildings. *Collection of scientific works (branch mechanical engineering, construction)*, 3 (38), 1. Poltava: PoltNTU, 321-327.
14. Shokarev, V.S., Stepura, I.V., Samchenko, R.V. (2002) Management of the rigidity of the base during the elimination of the roll of buildings and structures. *Proceedings of the international seminar on soil mechanics, foundation engineering and transport equipment*. Samarkand, 224-229.
15. Shokarev, V.S., Chaplygin, V.I., Hilko, S.V., Border, A.V. (2004) Automated Measuring-Information System for Monitoring of Construction Objects. *Building structures*. K.: NDIBK, 61, 496-501
16. Samchenko, R.V., Stepura, I.V., Shokarev, V.S., Pavlenko, V.P., Pavlov, A.V., Yuhymenko, A.I., Mun, A.A. (2012) Pat. 42283 UA, МПК E21B 3/00 (2012.01). Drilling machine; Applicant and patent holder Zaporizhzhya State Engineering Academy (UA). No. u 201204614; stated. 12/04/12; published 10.10.12, Bull. No. 19. 5p.

Рецензент: д-р техн. наук., проф. В.А. Банах, Запорізький національний університет, Запоріжжя, Україна.

Автор: ЮХИМЕНКО Артем Ігорович
кандидат технічних наук, доцент кафедри
Запорізький національний університет
E-mail – winner.wcar@gmail.com
ID ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-4231-9602>

Автор: САМЧЕНКО Роман Васильович
кандидат технічних наук, доцент кафедри
Запорізький національний університет
E-mail – sektor3@ukr.net
ID ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-1013-0047>

TECHNOLOGY RESTORATION OF THE OPERATIONAL SPO-PROPERTY OF DEFORMED BUILDINGS BY THE MANAGEMENT OF THE SAME-BASE OF THE FOUNDATION BASES

A. Yukhymenko, R. Samchenko

Zaporizhia National University, Ukraine

The developed method of restoring deformed and emergency buildings by controlling the foundation stiffness is presented. During the design and construction of buildings and structures, final stabilization deformations of the bases are calculated taking into account the loads, soil characteristics and the corresponding distribution of the base stiffness coefficient under the assumption that the base deformation process is almost completed. But in areas composed of structurally unstable soils, during the operation of structures, changes in the rigidity of the bases are possible due to the negative effect on the properties of the soils.

To restore the operational suitability of damaged buildings, a method has been developed for eliminating their deformed state, which is based on the management of the stiffness of the bases. The concept of this method lies in the fact that in case of violation of the design distribution of the base stiffness coefficient, it is necessary to ensure recovery stiffness from the mirrored distribution of the destructive shift coefficient. On the basis of geodetic survey data of a deformed building, a necessary pattern is determined for changing the foundation stiffness and the plot of the desired sediment of the foundation.

The recovery sediments of the foundation provide for the desired epure, corresponding to the "new" distribution of stiffness by perforation of the base layer of limited thickness. Perforation under the foundations carry out the drilling of horizontal wells of the calculated parameters.

Under the influence of the weight of the structure and additional technological impact, for example, moistening, the cavities of the wells are deformed, turning from round to ellipsoidal, the pillars of the soil and the arches between the wells are destroyed, filling the deformed cavities, the perforated base layer is compressed. Compression of the layer and sediments of the foundations occur in accordance with the calculated parameters of the wells. As a result, the foundations and, accordingly, the structures are returned to the design (initial) position.

Keywords: *deformation of objects, restoration of deformed buildings, base stiffness, sediment of foundations, roll removal, base perforation, horizontal well, drilling rig, technological parameters.*