УДК 624.159.2 DOI: 10.31650/2415-377X-2019-75-151-157

ЛІКВІДАЦІЯ ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ БУДІВЕЛЬ, СПОРУД У ВОДОНАСИЧЕНИХ УМОВАХ

Самченко Р.В., к.т.н.
sektor3@ukr.net, ORCID: 0000-0003-4231-9603
Юхименко А.І., к.т.н.
winner.wcar@gmail.com, ORCID: 0000-0003-4231-9602
Інженерний інститут Запорізького національного університету

Анотація. Вирівнювання нахилених споруд традиційною технологією вибурюванням горизонтальними свердловинами надлишкового ґрунту із-під фундаментів у водонасичених умовах практично неможливе. Тому бурять лідерні похилі віялорозташовані свердловини в "пятні" фундаменту у водонасиченому шарі ґрунту. Водонасичений грунт під тиском споруди віджимається у лідерні свердловини, який колоною шнеків видаляється повторною почерговою проходкою. За кожною чисткою лідерних свердловин поступово видаляється надлишковий грунт і фундамент поступово нерівномірно осідає в потрібному напрямку впритул до горизонтального положення і, відповідно стовбур труби повертається в вертикальний стан. Весь процес вирівнювання супроводжується моніторингом та побудовою графіків зміни осідань у часі. При необхідності технологічний процес можливо корегувати.

Ключові слова: деформація, крен, ліквідація крену, обводнені умови, моніторинг.

Вступ. Існує велика кількість будівельних об'єктів, які піддалися різним видам деформацій – кренам, прогинам, вигинам, тощо. В основі цих деформацій в більшій мірі лежать нерівномірні осідання фундаментів. В свою чергу нерівномірні осідання фундаментів частіше являються наслідком нерівномірної зміни властивостей ґрунтів в процесі експлуатації під впливом різних чинників і в першу чергу зменшення модуля деформації ґрунтів, наприклад через їх замочування. Як наслідок – це призводить до зниження несучої здатності основи, відповідно, до зниження розрахункового опору ґрунту. В загальному вигляді ця ситуація характеризується як нерівномірна зміна жорсткості основи фундаментів [1]. Звідси можливо зробити висновок, що на деформований стан будівель, споруд можна позитивно впливати штучною адекватною зміною жорсткості основ з метою усунення деформацій.

Постановка проблеми. Деформації будівель, споруд в любому вигляді є порушення цілісності і форми як окремих конструкцій, так і об'єктів в цілому. Вони мають тенденцію в певних умовах до збільшення і часто до різкого. Деформації будівель, споруд завдають великих неприємностей в плані їх фізичного стану, коли відбуваються крени, вигини, прогини та їх похідні деформування – тріщиноутворення, перекоси конструкцій, зміщення із поверхонь обпирання та багато інших. Враховуючи, що деформації є передвісником можливих аварійних ситуацій, необхідно негайно приймати рішення по їх усуненню. Як зазначалося вище, різні види деформацій будівель мають спільну базу – деструктивну зміну жорсткості основ в процесі експлуатації, тому слід розробити інноваційний метод, технологію, які були б адекватними до позитивної зміни жорсткості при ліквідації любого виду загальних деформацій. Такими технологіями, по нашому розумінню, мають бути ліквідація деформованого стану управлінням жорсткістю основ перфоруванням шару основи, наприклад бурінням горизонтальних свердловин, а після усунення деформації – укріплення ґрунтів цього шару горизонтальним армуванням по бурозмішувальній технології.

Аналіз досліджень та публікацій. У зв'язку із достатньо великою різноманітністю деформацій конструкцій, розроблені різні технології їх усунення або зменшення впливу на деструктивний стан будівель. Наприклад, при зміщенні конструкцій із опорних поверхонь прилаштовують різні конструктивні елементи по збільшенню площі обпирання для попередження раптового обрушення [2], або при утворенні тріщин в конструкціях , їх беруть в металеві

обойми [3] для обмеження їх розвитку.

Більш складні конструктивно-технологічні рішення застосовують при ліквідації деформованого стану будівлі в цілому. Наприклад, при нерівномірних осіданнях фундаментів роблять спроби зменшення тиску на основу окремих зон фундаментів шляхом збільшення їх площ для вирівнювання осідань [4]. При виникненні складних деформацій будівель – кренів, вигинів, прогинів та ін. розроблені відповідні технології по їх усуненню. На просадочних територіях – замочуванням просадочних основ (Літвінов І.М., Крутов В.І., Тугаєнко Ю.Ф. та ін.). Недоліки – тільки на просадочних територіях, можливі підтоплення основ суміжних будівель. Одні технології направлені на підняття домкратами менш осілої частини будівлі. Ці технології та обладнання поступово удосконалюються. Так, спочатку застосовувалися поршневі домкрати (Гензель Є.М., Мавроді Ф.І. та ін.) [5]. Для їх застосування необхідно споруджувати об'ємні домкратні ніші в фундаментних конструкціях, а також існують інші незручності. Окрім того, мають місце складність управління по регулюванню просторового положення будівель. Тому Київський інститут НДІБК запропонував та розробив плоскі домкрати і був розроблений метод управління системою плоских домкратів при підйомі та регулюванні будівель в просторі, який суттєво покращив процес вирівнювання нахилених будівель (Клепіков С.М., Болотов Ю.К., Трегуб А.С. та ін.) [6]. Але метод піддомкрачування має ряд недоліків. Перш за все при ліквідації деформацій до конструкції будівель прикладаються суттєві зосереджені зусилля. Для їх сприйняття необхідно застосовувати якісне підсилення цокольно-фундаментної частини будівлі. Для підйому та регулювання коробки будівлі необхідно відділити від фундаменту розрізкою залізобетонні конструкції надземної частини. Окрім того, в цілях безпеки на час піднімання будівлі необхідно відселити мешканців.

Більш безпечним та простішим методом ліквідації деформованого стану є опускання менш осілої частини будівлі шляхом видалення із-під фундаменту надлишкового ґрунту, який заважає фундаменту зайняти горизонтальне положення. Видалення надлишкового ґрунту із-під фундаменту можливо виконувати різними технологіями, але найбільш технологічним способом є буріння горизонтальних свердловин змінних параметрів (Степура І.В., Шокарев В.С., Самченко Р.В.) [7].

Методи вирівнювання будівель піддомкрачуванням та вибурюванням надлишкового грунту із-під фундаментів застосовуються на територіях із структурно-нестійкими грунтами. Всі технології, пов'язані із видаленням надлишкового ґрунту, базуються на зміні жорсткості основи фундаментів. При застосуванні даних технологій до будівлі не прикладаються зосереджені зусилля.

Формування цілі роботи. Метод усунення деформацій будівельних об'єктів зміною жорсткості основи бурінням горизонтальних свердловин під фундаментами простий, безпечний, економічний, широко впроваджений, але має досить суттєвий недолік – його складно реалізувати в водонасичених ґрунтах. Тому **ціллю статті** є розробка технології ліквідації деформованого стану будівель, споруд в умовах залягання рівня підземних вод (РПВ) вище підошви фундаменту.

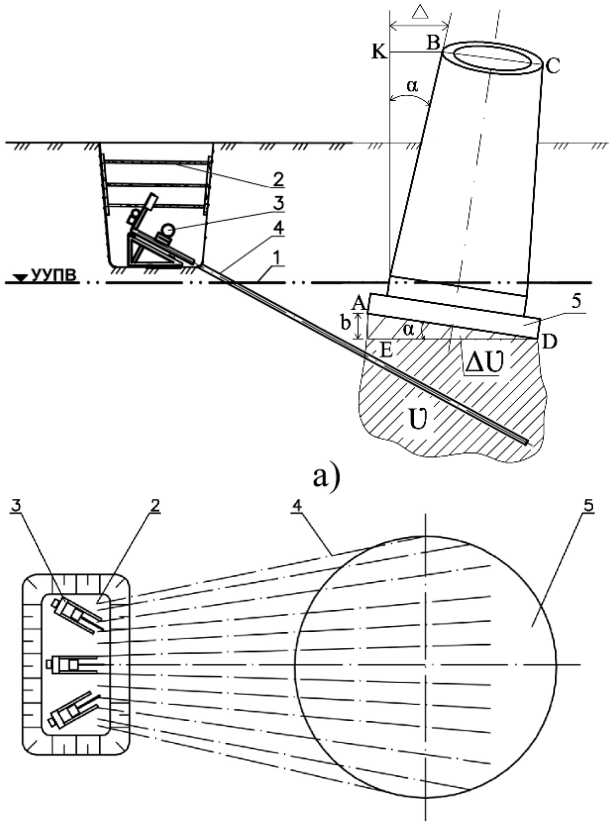
Виклад основного матеріалу. Метод ліквідації деформацій будівель перфоруванням шару ґрунту основи під фундаментом у відповідності із [7] передбачає буріння горизонтальних свердловин із котловану, або траншеї, які необхідно відкопати нижче підошви фундаменту. Але в даному випадку це пов'язано із досить великою проблемою водопониження на час робіт по ліквідації деформацій. Тому ми запропонували, розробили на рівні винаходу, експериментально перевірили та успішно впровадили на ряді об'єктів нову інноваційну технологію по відновленню наднормативно нахилених об'єктів в умовах залягання РПВ вище підошви фундаментів управлінням жорсткості основи.

Сутність розробленої інноваційної технології покажемо на прикладі вирівнювання наднормативно нахиленої димової труби, адже цей вид будівельних об'єктів дуже вразливий при відновленні деформованого стану та чутливий до нерівномірних осідань фундаментів по зрівнянню із призматичними будівлями. Через ці обставини, димові труби мають значний діаметр фундаментів – 10…20м, а інколи більше (в залежності від висоти труби) та суттєву

глибину їх закладання.

На металургійному комбінаті „Кривиріжсталь” налічується досить велика кількість димових труб. Тільки на ділянці нагрівальних колодязів в цеху „Блюмінг-1” експлуатується 15 димових труб, які відводять гази в процесі нагрівання слябів при підготовці їх до прокатування. Висота труб – 50м. Глибина залягання фундаментів – 6,0м, діаметр – 15м. Глибина РПВ – 4,5м. Практично всі труби мають нахили. Із них 3 труби мали крен, перевищуючий допустиму норму в 3…4 рази. Технічною службою комбінату було прийняте рішення для зменшення ризику втрати стійкості через збільшення темпів нахилу труб, частково демонтували, зменшивши висоту із 50м до 45м і тим самим понизивши центр тяжіння. Але такий захід призвів до негативних наслідків. По-перше, порушився тепловий режим нагрівання слябів, по-друге, погіршився екологічний стан. Тому адміністрацією комбінату сумісно з нами було прийнято рішення – ліквідувати крен і відновити висоту труб.

Як зазначалося вище, ліквідацію крену технологією на базі нашого патенту [7] було б досить складно, адже в умовах водонасичення при фактичних параметрах фундаментів, відкопка котлованів чи траншей і буріння горизонтальних свердловин під фундаментом майже неможливо. Тому вирівнювання нахилених труб виконано згідно розробленої нової технології на базі методу усунення деформованого стану будівель, споруд управлінням жорсткістю основ, сутність якої полягає в наступному (рис.1). Котлован копають обмежених розмірів глибиною до рівня капілярного підняття вологи. На дні котловану встановлені три станки горизонтального буріння в нахиленому положенні на спеціальних конструкціях (рис.1, а) і, розвертаючи станки в горизонтальній площині, пробурені у водонасиченій товщі під фундаментом в його „пятні” лідерні віялорозташовані похилі свердловини (рис.1, б).



а)

б)

Рис.1. Технологічна схема ліквідації крену споруд круглої форми при УПВ вище за підошву фундаменту:
а – розташування похилих свердловин під фундаментом; б – віялове розташування свердловин; 1 – рівень підземних вод; 2 – укріплення укосів котловану; 3 – буровий станок; 4 – лідерна свердловина; 5 – фундамент

Через деякий час проходкою колоною шнеків під тиском фундаменту віджатий водонасичений ґрунт видаляється із лідерних свердловин (рис. 2). Така періодична чистка лідерних свердловин від віджатого текучепластичного ґрунту призводить до поступового нерівномірного контросідання фундаменту і відповідно до контрнахилу стовбура труби в просторі. Чистка повторюється на протязі всього процесу вирівнювання, що призводить до поступової зміни жорсткості основи. Процес вирівнювання димових труб та моніторинг цього процесу детально описаний в статті [8]. В даній праці ми наводимо інформацію про визначення параметрів вирівнювання, та контролю за осіданнями фундаменту. В даному випадку параметрами процесу видалення надлишкового ґрунту із-під фундаменту слід вважати потрібний об'єм цього видалення та кількість чищень для видалення цього об'єму.

Рис. 2. Видалення водонасиченого ґрунту з-під фундаменту вибурюванням з лідерних свердловин

Об'єм надлишкового ґрунту визначається на базі наступних міркувань. Параметрами нахиленої труби ABCD (рис. 1) є відхилення образуючої АВ від вертикалі на кут α та зміщення верха труби по горизонталі на величину Δ, які визначаються теодолітними геодезичними вимірюваннями. Відповідно, параметрами нерівномірного осідання фундаменту є кут нахилу підошви фундаменту ADE та зміщення його на величину b по вертикалі, які визначаються із подібності трикутників АКВ та ADE. При цьому $\angle$ ADE = $\angle$ КАВ = α, величина необхідних осідань b підошви фундаменту для вирівнювання труби визначається із трикутника ADE:

$$b = AD \cdot \cos\alpha , \qquad (1)$$

де: AD – діаметр фундаменту d.

Для повернення димової труби у вертикальне положення потрібно, щоб підошва фундаменту зайняла горизонтальне положення, тобто AD співпала із AE. Цьому заважає призма ґрунту ADE, що є надлишковим об'ємом Δ U, який є верхньою частиною масиву ґрунту U під фундаментом. Масив ґрунту U має вигляд усіченого прямого циліндра. Об'єм надлишкового ґрунту, яким є верхня частина Δ U під фундаментом у вигляді трикутника ADE, визначається по формулі:

$$\Delta U = \frac{1}{2}\pi r^2 h , \qquad (2)$$

де r – радіус умовної циліндричної призми ґрунту під фундаментом = $\frac{d}{2}$;

h – величина потрібних осідань фундаменту:

$$h = b = d \cdot \cos\alpha = 2r \cdot \cos\alpha , \qquad (3)$$

підставляючи (1) та (3) в (2), отримаємо:

$$\Delta U = \pi r^3 \cdot \cos\alpha . \qquad (4)$$

Кількість чищень водонасиченого ґрунту із лідерних похилих свердловин теоретичним шляхом визначити досить складно. Тому дана задача вирішується експериментально. Об'єм

видаленого водонасиченого ґрунту при кожному чищенні лідерних свердловин ΔU_i визначається замірюванням мірними ємностями. Видалення надлишкового ґрунту виконують до досягнення умови $\Delta U = \sum \Delta U_i$. Окрім того, на протязі всього процесу вирівнювання здійснюється геодезичний контроль шляхом нівелювання осідань фундаменту по цокольним геодезичним маркам із побудовою графіка – динаміки осідань (рис. 3). Закінчення вирівнювання оцінюють по даному графіку, де крива осідань поступово наближається до горизонталі, що свідчить про стабілізацію осідань. Ця ситуація відбувається при умові видалення надлишкового ґрунту, тобто $\Delta U = \sum \Delta U_i$.

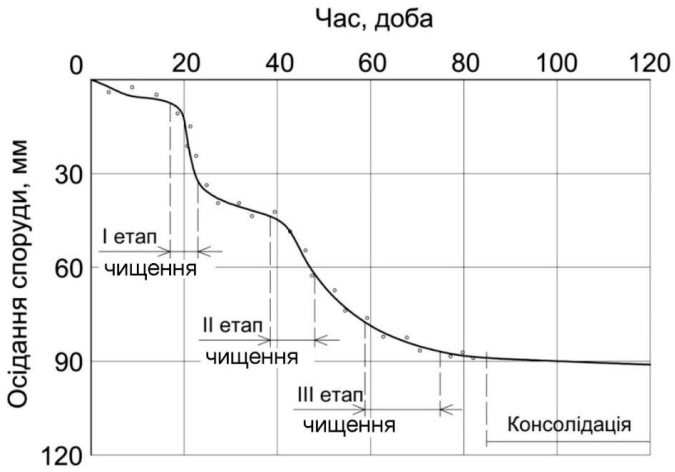


Рис. 3. Динаміка осідань димової труби №40 металургійного комбінату „Криворіжсталь” шляхом поетапного видалення чищенням водонасиченого ґрунту із лідерних свердловин

Даною технологією успішно виконано вирівнювання трьох наднормативних димових труб на Криворізькому металургійному комбінаті. На двох із них, які були частково демонтовані, відновлені висоти до проектних, що дозволило встановити нормативну технологію нагрівання слябів.

Висновок. В статті наведена розроблена на рівні винаходу інноваційна технологія ліквідації кренів димових труб в обводнених умовах, шляхом регулювання зміни жорсткості основи видаленням надлишковою текучепластичного водонасиченого грунту із-під відповідної частини фундаменту, яка експериментально перевірена в натурних умовах та успішно впроваджена для вирівнювання трьох наднормативно нахилених труб. Метод усунення деформованого стану керуванням зміною жорсткості основ фундаментів застосовується не тільки для ліквідації кренів, а й вигинів, прогинів і інших видів деформацій, тому має перспективу його розвитку.

Література

1. Клепиков С.Н., Трегуб А.С., Матвеев И.В. Расчет зданий и сооружений на просадочных грунтах: уч. пособие. К., Будівельник, 1987. 198 с.

2. Трегуб А.С., Питулько С.М., Москалина И.Н. Деформации крупнопанельного здания при неравномерных осадках основания / Журнал «Жилищное строительство». К., 1981. № 4. С. 16-17.

3. Конецкий В., Ситковский Я., Улятовский А. Ремонт жилых зданий: уч. пособие. М.: Стройиздат, 1981. 128 с.

4. Коновалов П.А. Основания и фундаменты реконструируемых зданий. 4-е. изд., перераб. и доп. М.: Стройиздат, 2000. 320 с.

5. Гендель Э.М. Восстановление и возведение сооружений способом подъема: книга. М.: Госстройиздат. 1958. 280 с.

6. Трегуб А.С.,Москаліна І.М., Науменко В.П. Вирівнювання будинків домкратами / Міжвідомчий науковий збірник «Будівельні конструкції». Київ, 2008. Вип. 71. Кн. 2. С. 93-102.

7. Спосіб вирівнювання будівель, споруд: пат.65455А Україна: МПК Е 02Д 35/00, Е 02Д 35/00. № 2003109485; заявл. 21.10.2003; опубл.15.03.2004, Бюл.№3. 2004. 12 с.

8. Степура И.В., Павлов А.В., Самченко Р.В. Устранение кренов высотных сооружений / Світ геотехніки. 2008. №2. С.17-21.

References

[1] S.N. Klepikov, A.S. Tregub, I.V. Matveev, *Raschet zdanyi i sooruzhenyi na prosadochnykh hruntakh*: st. guide. K., Budivelnyk, 1987.

[2] A.S. Tregub, S.M. Pitulko, I.N. Moskalina, "Deformacyy krupnopanel′noho zdanyja pry neravnomernix osadkax osnovanyja", Journal «*Zhylyshhnoe stroyteljstvo*». K., no. 4, pp. 16-17, 1981.

[3] V. Konetsky, Ya. Sitkovsky, A. Ulyatovsky, *Remont zhylikh zdanyj*: st. guide. M.: Stroyizdat, 1981.

[4] P.A. Konovalov, *Osnovanyia i fundamenty rekonstruyruemykh zdanyi*. 4th ed., rev. and add. M.: Stroyizdat, 2000.

[5] E.M. Handel, *Vosstanovlenye i vozvedenye sooruzhenyi sposobom podema*: book. M.: Gosstroizdat, 1958.

[6] A.S. Tregub, I.M. Moskalina, V.P. Naumenko, "Vyrivniuvannia budynkiv domkratamy", Interdepartmental scientific collection «*Budivelni konstruktsii*». Kyiv, Vol. 71, Kn. 2, pp. 93-102, 2008.

[7] Sposib vyrivniuvannia budivel, sporud: pat.65455A Ukraine: IPC E 02 D 35/00, E 02 D 35/00. no. 2003109485; stated. October 21, 2003; published 15.03.2004, Bul. №3. 2004.

[8] I.V. Stepura, A.V. Pavlov, R.V. Samchenko, "Ustranenye krenov vysotnykh sooruzheny", *Svit heotekhniky*, no. 2, pp. 17-21, 2008.

ЛИКВИДАЦИЯ ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ЗДАНИЙ, СООРУЖЕНИЙ В ВОДОНАСЫЩЕННЫХ УСЛОВИЯХ

Самченко Р.В., к.т.н.
sektor3@ukr.net, ORCID: 0000-0003-4231-9603
Юхименко А.И., к.т.н.
winner.wcar@gmail.com, ORCID: 0000-0003-4231-9602
Инженерный институт Запорожского национального университета

Аннотация. Крены строительных объектов являются наиболее распространенным видом деформаций, который является достаточно опасным и сложным. Нами разработан метод выравнивания наклоненных зданий, сооружений. Традиционная технология ликвидации кренов зданий, сооружений заключается в бурении горизонтальных скважин переменных параметров под фундаментами с котлована, откопанного вдоль одного из фасадов. Под давлением здания и вспомогательным технологическим действием увлажнением грунта целики между скважинами разрушаются, перфорированный слой основания претерпевает деформации сжатия в соответствии с расчетными параметрами горизонтальных скважин, и фундаменты оседают по расчетным эпюрам, а здание, сооружение подвергается контркрену и перемещается в пространстве до проектного положения. Большой проблемой устранения деформированного состояния, в т.ч. кренов в водонасыщенных условиях, особенно с учетом параметров конструкций дымовых труб – значительной величины диаметров фундаментов и глубины их заложения, является устройство котлована на глубину ниже подошвы фундамента. Ликвидацию крена показано на примере выравнивания дымовой трубы, поскольку данный вид строительных объектов наиболее уязвим при деформации и чувствителен при вы-

равнивании. В водонасыщенных условиях устройство котлована и бурение горизонтальных скважин под фундаментами весьма сложны, практически невозможны. Поэтому котлован откапывают ограниченных размеров на допустимую глубину до уровня поднятия капиллярной влаги, и затем горизонтальным станком бурят наклонные веерорасположенные лидерные скважины в обводненной толще грунтов основания в пятне под фундаментом. После чего повторной многократной проходкой колонной шнеков по лидерным скважинам выносится отжатый водонасыщенный грунт. После каждой чистки лидерных скважин фундамент постепенно оседает и, соответственно, здание, сооружение подвергается контркрену до нужного положения, которое контролируется геодезическим наблюдением и автоматизированной системой мониторинга с применением электромагнитного датчика изменения крена.

Данный мониторинг сопровождается в течение всего процесса выравнивания с регулярным построением эпюр и графиков динамики осадок, по которым оценивают ход процесса.

Ключевые слова: деформация, крен, устранение крена, обводненные условия, мониторинг.

ELIMINATION OF DEFORMED STATE OF BUILDINGS AND CONSTRUCTIONS IN WATER-SATURATED CONDITIONS

Samchenko R.V., Ph.D.
sektor3@ukr.net, ORCID: 0000-0003-4231-9603
Yukhymenko A.I., Ph.D.
winner.wcar@gmail.com, ORCID: 0000-0003-4231-9602
Engineering Institute of Zaporizhzhya National University

Abstract. Building and construction tilts are the most common form of deformation, which is quite dangerous and complicated. We have developed a method of alignment of tilted buildings and structures. The traditional technology of tilt eliminating is to drill horizontal wells of variable parameters from a foundation pit along one of the facades. Under the pressure of a building and auxiliary techniques of soil moisturizing the pillar is completely destroyed between the wells, the perforated base layer undergoes compression deformation in accordance with the design parameters of horizontal wells. Foundations settle according to the calculated diagrams and the building is exposed to the counter tilt and moves to the desired position. Great problem of eliminating the deformed state, including tilts, in water-saturated conditions, especially with regard to the parameters of chimney structures of a significant foundations diameter and the depth of their laying, is the pit excavation to a depth below the foundation base Tilt elimination is shown on the example of chimney alignment because this type of construction is the most vulnerable to deformation and sensitive to alignment. In water-saturated conditions, pit excavation and drilling of horizontal wells under foundations is very difficult, practically impossible. Thus, a pit is excavated of limited-size and to a feasible depth to the capillary moisture raise level. Then, by means of a horizontal machine, sloping fan-located leading wells are drilled in water-saturated foundation ground in the spot under the foundation. Afterwards, with repeated penetration of augers through the leading wells, squeezed water-saturated soil can be taken away. With each cleaning-up of leading wells, the foundation gradually settles and, accordingly, the building becomes amenable to put to a desired position, which is controlled by geodetic surveillance and automated monitoring system with the use of an electromagnetic sensor.

This monitoring is conducted throughout the alignment process with the regular settlement diagram and graphs construction according to which the whole alignment process is assessed.

Key words: deformation, tilt, tilt liquidation, water-saturated conditions, monitoring.

Стаття надійшла 11.05.2019