

**Самченко Р.В.**

Запорізька державна інженерна академія

**Юхименко А.І.**

Запорізька державна інженерна академія

## **ВРАХУВАННЯ ЗМІНИ ХАРАКТЕРИСТИК ҐРУНТІВ ОСНОВ ЗА НАСЛІДКАМИ ЇХ ОБТИСНЕННЯ ФУНДАМЕНТАМИ У ПРОЦЕСІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ БУДІВЕЛЬ ДЛЯ УСУНЕННЯ ЇХ ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ**

*У процесі довгострокової експлуатації будівель, споруд виникають їх деформації. Також відбувається обтиснення фундаментами ґрунтів зі зміною їхніх характеристик. За наслідками досліджень з уточнення змін характеристик ґрунтів визначено «нову» несучу здатність укріпленої основи фундаментів і зроблено висновок про доцільність підсилення основ після усунення деформованого стану. Зміна властивостей ґрунтів може впливати на технологічний процес усунення деформацій, тому рішення приймаються з урахуванням указаних обставин. Ліквідація крену розглянутої нахиленої будівлі успішно здійснена шляхом регульованої зміни жорсткості основи.*

**Ключові слова:** деформація будівель, укріплення основ, обтиснення ґрунтів, зміна властивостей, врахування зміни характеристик, ліквідація деформованого стану.

**Постановка проблеми.** Деформації будівель, споруд найчастіше відбуваються внаслідок погіршення ґрунтових умов основ фундаментів через вплив техногенних або природних чинників на характеристики ґрунтів. Тому для відновлення експлуатаційної спроможності деформованих об'єктів поряд з усуненням їх деформованого стану слід розглядати питання необхідності підсилення основ. Тут досить важливим є визначення резервів чи дефіциту несучої здатності наявної основи. Оскільки відновлення деформованого стану будівель, споруд нами запропоновано і здійснюється шляхом регулювання зміни жорсткості основи технологічним впливом нерівномірною перфорацією підстильного шару основи фундаменту, то при цьому необхідно враховувати такі обставини: по-перше, після усунення деформованого стану варто визначитись із доцільністю укріплення ґрунтів основ з урахуванням змін їхніх характеристик за довготривалого обтиснення фундаментами у процесі експлуатації; по-друге, зміна властивостей ґрунтів за довготривалого обтиснення може впливати на технологічний процес перфорування підстильного шару основи фундаменту, тому потрібно приймати рішення з урегулювання цієї обставини.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Оскільки у статті порушується питання, яке складається із двох частин, то, відповідно, розглянемо інформацію стосовно кожної з них.

*Методи ліквідації деформованого стану будівель, споруд.* Найбільш небезпечним видом деформації будівель є крени, особливо це стосується висотних споруд, зокрема димових труб. Найбільше нахилених споруд налічується на територіях із просадковими ґрунтами. Велика кількість будівель із кренами спостерігається також на підроблювальних територіях. Наслідки від кренів будівель, споруд є передусім негативними [1, с. 70].

Методи і технології з вирівнювання нахилених об'єктів можливо поділити на дві групи. До першої групи відносяться методи, які базуються на піднятті менш осілої частини будівель різними технологіями та пристроями. Найбільш дослідженим та впровадженим є метод піддомкращування. Приклад застосування поршневих гідродомкратів описаний [2, с. 54], але останні потребують значних об'ємів ніш для їх монтажу і мають інші недоліки. Більш керованим та ефективним методом піддомкращування для усунення кренів є застосування плоских гідродомкратів [3, с. 95]. Основними недоліками методу піддомкращування є те, що за вирівнювання об'єктів до конструкції коробки докладаються суттєві зосереджені зусилля. Крім того, для підйому будівлі і регулювання її просторового положення необхідно відділити надфундаментну частину від цокольно-фундаментної розрізкою за всіма несучими конструкціями. Це потребує суттєвого під-

силення цокольно-фундаментних конструкцій і влаштування опорних елементів, а також у цілях безпеки на періоди поетапного підйому каркасу будівлі потрібно відселати мешканців.

Методи ліквідації кренів другої групи базуються, навпаки, на регульованому опусканні частини будівлі, яка у процесі експлуатації менше осіла. Приклад опускання частини будівлі виплавленням термопластичного матеріалу в цоколі фундаменту також описано [4, с. 58]. Інші технології цієї групи базуються на опусканні частини будівлі за рахунок часткового нерівномірного видалення ґрунту з-під фундаментів. У такому разі до коробки будівлі не докладаються зосереджені зусилля, а об'єктом впливу є її основа.

Існують різні технології перфорації основ будівель указаної групи: вибурування ґрунту похилими, горизонтальними свердловинами [5, с. 12]. Недолік таких технологій полягає в недостатньому регулюванні усунення кренів будівель різних конструктивних схем. Для суттєвого підвищення ефективності метод часткового видалення ґрунту з основ під фундаментами запропонований на рівні винаходу (патент України № 65455А) [6], що передбачає буріння системи горизонтальних свердловин змінних параметрів, який досить успішно застосований під час вирівнювання понад 60 нахилених будівель, споруд у різних регіонах України.

*Врахування змін властивостей ґрунту, набутих у процесі експлуатації деформованих будівель або реконструкції об'єктів.* За довгострокового обтиснення ґрунту основ деформованих будівель або об'єктів реконструкції зазнають змін властивостей, які варто враховувати як за необхідності зміцнення основ у процесі відновлення і реконструкції будівель, так і під час технологічних процесів усунення деформованого стану.

Питанням зміни розрахункового опору основ за довгострокового обтиснення ґрунтів фундаментами під час реконструкції займався професор О.П. Коновалов [7, с. 60]. Він запропонував методику з'ясування необхідності підсилення основ у процесі реконструкції після довгострокового обтиснення ґрунтів фундаментами реконструйованих будівель. При цьому слід визначатись із «новим» розрахунковим опором ґрунту з урахуванням зміни фізико-механічних характеристик.

Професор Ю.Л. Виникув зі своїми колегами дослідив і змоделивав напружено-деформований стан тривалого обтиснення замкнених лесових основ [8, с. 240] та показав, що за умови коефіцієнта водонасичення  $Sr \geq 0,80$  і співвідношення

середнього тиску  $P$  під подошвою фундаменту до розрахункового опору  $R$  природного замклого ґрунту  $P/R \geq 0,7$  у процесі проектування реконструкції будівель така умова уможливує збільшення навантаження на наявні фундаменти до 27% без їх підсилення або зміцнення основи.

**Аналіз досліджень і публікацій** свідчить, що питанню врахування набутих властивостей ґрунтів основ фундаментів у процесі експлуатації будівель приділяється відповідна увага під час реконструкції об'єктів. Але ж не менш важливим є врахування зміни фізико-механічних характеристик під час відновлення деформованого стану будівель, споруд. Після усунення останнього виникає питання доцільності підсилення основи для забезпечення подальшої нормальної експлуатації. Його вирішення як у процесі відновлення деформованих будівель, так і під час реконструкції необхідно розглядати з урахуванням зміни фізико-механічних характеристик ґрунтів основ наявних фундаментів.

**Постановка завдання.** Метою статті є, по-перше, на конкретному прикладі показати ефективну технологію усунення деформованого стану, проілюструвати вплив набутих змін властивостей на технологічний процес усунення такого стану, по-друге, перевірити доцільність підсилення основи будівлі після усунення деформованого стану.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Житловий 9-поверховий великопанельний будинок № 85 по вул. Калініна у м. Орджонікідзе (сьогодні м. Покров) Дніпропетровської області за період експлуатації (32 роки) зазнав поперечного крену з перевищенням допустимих норм у 3,2 разу. Фундаменти будинку стрічкові, залізобетонні, основою яких є природні лесоподібні суглинки I типу просядковості. Внаслідок суттєвого крену будинку було зупинено роботу ліфта через заклинювання кабіни в перекошеній шахті. Окрім того, були викривлені підлога, меблі, не відчинялись та не зачинялись вікна і двері в перекошених проїмах. Почались деформації стінових панелей у вигляді тріщиноутворення. Відтак було виділено кошти і прийнято рішення про вирівнювання будинку. За проведеним тендером був прийнятий проект з усунення крену шляхом буріння горизонтальних свердловин змінних параметрів, який був реалізований у 1999 р. Технологія вирівнювання будівельних об'єктів цим методом детально описана [9, с. 78]. Тут звернемо увагу лише на декілька умов такої технології, враховуючи, що усунення крену відбулося без

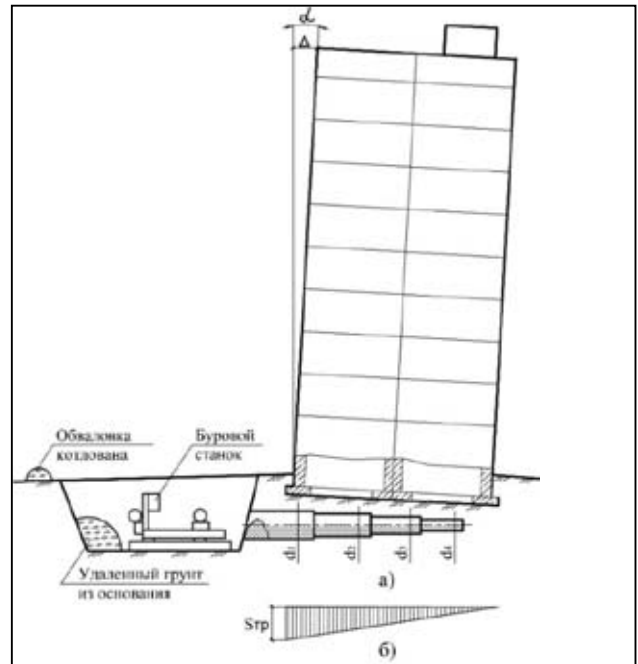


**Рис. 1. Відкриті стрічкові фундаменти у процесі вирівнювання нахиленого будинку**

відселення мешканців будинку, а відтак суттєво підвищувався рівень відповідальності. Осідання повинні відбуватися повільно, плавно, пропорційно змінюючись за всією довжиною фундаменту. Виконавцям потрібно мати декілька станків горизонтального буріння – чим їх більше, тим плавніше відбуватимуться осідання. У нашому випадку було 4 бурові станки, які рівномірно розміщувалися в котловані за довжиною крайньої стрічки фундаментів (Рис. 1). Конструкція станків горизонтального буріння розроблена нами на рівні винаходу [10].

За розробленим проектом згідно з технологічною схемою (Рис. 2) для вирівнювання поперечного нахилу котлован викопано з боку менш осілого фасаду уздовж будівлі для буріння свердловин змінних параметрів, тобто ступінчатих.

Вісі ряду горизонтальних свердловин згідно із проектом мали бути пробурені на відстані 300 мм від підшови фундаменту. Початок буріння був успішним, а коли колона шнеків досягла середньої стрічки, останні зіткнулися з її бетонною основою. Шляхом відкопування шурфа у підвальному приміщенні і після аналізу ситуації виявили таке. Проходячи під зовнішньою стрічкою фундаменту, тобто в зоні ущільненого ґрунту внаслідок тривалого тиску фундаменту у процесі експлуатації будинку, колона шнеків переміщалась



**Рис. 2. Технологічна схема вирівнювання будівлі в поперечному напрямі: а) параметри поперечного крену і свердловини змінного перетину; б) епора необхідних технологічних осідань фундаментів**

строго в горизонтальному напрямку, а входячи в шар ґрунту з меншою щільністю за межами першої стрічки, бурова коронка зі шнеками стала зміщуватися вгору – у напрямку меншого супротиву бурінню. Таким чином, бурова коронка вийшла на нижній рівень бетонної основи середньої стрічки.

Указана обставина спонукала вжити двох заходів: по-перше, вдосконалити процес буріння за рахунок збільшення жорсткості з'єднань між шнеками і тим самим уникнути або суттєво зменшити можливість відхилення від горизонтального напрямку колони шнеків за зміни характеристик ґрунтового масиву; по-друге, на рівні винаходу застосувати лідерну подовжену направляючу бурової коронки (Рис. 3). Ці заходи забезпечили прямолінійність свердловини на довжині понад 15 м у ґрунтах за зміни умов буріння, навіть у разі переходу шнеків у зволожену зону.



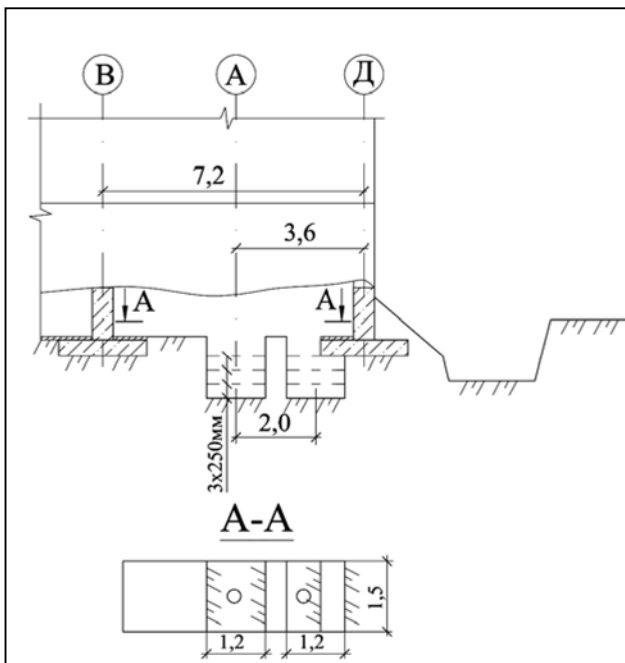
**Рис. 3. Подовжена лідерна направляюча бурової коронки**

**Характеристики суглинку основи фундаментів  
на період проектування і через 32 роки експлуатації будинку**

Термін визначення	Щільність $\rho_d$ , т/м <sup>3</sup>	Вологість $W$ , д. од.	Питоме зчеплення $c$ , кПа	Кут внутр. тертя $\varphi$ , °	Модуль деформації $E$ , Мпа
Проектування	1,55	0,17	23	18	13,8
Через 32 роки:					
у вісі $D$	1,63	0,2	28	19	20,1
у вісі $A$	1,59	0,21	26	19	17,8

Скориставшись ситуацією, що склалася, було прийнято рішення дослідити зміну властивостей ґрунту під тривалою (понад 32 роки) дією тиску на нього ваги будівлі, який передавався безпосередньо через стрічкові фундаменти та на деякій відстані від їхньої плями.

Для відбору зразків ґрунту між зовнішньою (вісь  $D$ ) та середньою стрічкою (вісь  $B$ ) фундаменту у підвальному приміщенні було відкопано шурфи розмірами 1,2 x 1,5 м нижче підосів стрічки на 0,8 м. Схема відбору зразків ґрунту показана на Рис. 4, на якому видно, що відбір стандартних кілець площею 40 см<sup>2</sup> і об'ємом 140 см<sup>3</sup> виконували з-під фундаменту крайньої стрічки  $D$  та посередині між  $D$  і  $B$  на трьох рівнях із відстанню по 250 мм, по 3 кільця з кожного рівня.



**Рис. 4. Схема відбору зразків ґрунту під стрічками фундаменту та між ними після 32 років експлуатації будівлі**

Лабораторні дослідження відібраних зразків ґрунту виконано у Дніпропетровському інституті «ДніпроГНТІЗ», де згідно з вимогами відповідних стандартів визначались щільність ґрунту в сухому

стані, вологість, коефіцієнт питомого зчеплення  $c$  і кут внутрішнього тертя  $\varphi$ , а також модуль деформації  $E$  після тривалого обтиснення (32 роки) лесоподібного суглинку. Середні значення отриманих характеристик, а також властивості суглинку на період проектування будинку наведено у Таблиці 1.

Лабораторні дослідження відібраних зразків ґрунту виконано у Дніпропетровському інституті «ДніпроГНТІЗ», де згідно з вимогами відповідних стандартів визначались щільність ґрунту в сухому стані, вологість, коефіцієнт питомого зчеплення  $c$  і кут внутрішнього тертя  $\varphi$ , а також модуль деформації  $E$  після тривалого обтиснення (32 роки) лесоподібного суглинку. Середні значення отриманих характеристик, а також властивості суглинку на період проектування будинку наведено у Таблиці 1.

Аналіз результатів досліджень показує, що щільність лесоподібного суглинку в сухому стані  $\rho_d$  внаслідок обтиснення фундаменту протягом 32 років збільшилась майже на 7%, питоме зчеплення  $c$  ущільненого ґрунту зросло на 22%, модуль деформації  $E$  збільшився у 1,46 рази, кут внутрішнього тертя збільшився лише на 1°. Зафіксовано різницю в характеристиках ґрунту безпосередньо під стрічкою фундаменту та на відстані.

Вирівнювання будинку відбулося успішно шляхом управління зміною жорсткості основи відповідно до зміни розрахункових параметрів пробурених горизонтальних свердловин. Мешканці не відчували суттєвого дискомфорту проживання. Закінчення робіт з усунення крену вони помітили за вільним закриванням та відкриванням вікон і дверей та за відновленою роботою ліфта. Ще необхідно було визначитись із несучою здатністю основи будинку після усунення деформованого стану. Для перевірки виконання цієї умови розраховували «новий» опір ґрунту згідно з методикою [7, с. 60] та з урахуванням змінних (набутих) характеристик ґрунтів, наведених у Таблиці 1.

Згідно із проектом на житловий будинок, деформований стан якого відновлено усуненням

крену, середній тиск на подошву фундаменту становить  $P=0,22$  МПа, «новий» розрахунковий опір ґрунту після відновлення деформованого стану –  $R=0,253$  МПа, тобто  $P < R$ . Відновлена будівля експлуатується 19 років після застосування перелічених захисних мір. Жодних порушень нормальної експлуатації немає.

**Висновки.** Деформації будівель, споруд є поширеним явищем, яке необхідно терміново усувати.

Вирівнювання нахилених будівель управлінням жорсткістю основи, перфорацією шару під фундаментами, бурінням горизонтальних свердловин змінних параметрів є ефективною техно-

логією, яка успішно перевірена під час ліквідації кренів понад 60 об'єктів різного призначення.

Зміна властивостей ґрунтів за довгострокового обтиснення фундаментами у процесі експлуатації будівель, споруд може негативно впливати на технологічний процес усунення деформованого стану, що необхідно з'ясувати протягом технологічного процесу.

Після усунення деформованого стану потрібно перевірити необхідність підсилення основ з урахуванням зміни фізико-механічних характеристик ґрунтів за довгострокового обтиснення фундаментами у процесі експлуатації будівель. За умови  $P < R$  додаткове укріплення основи не має сенсу.

#### Список літератури:

1. О геотехнологиях восстановления деформированных зданий и обеспечения их дальнейшей нормальной эксплуатации / Р.В. Самченко, И.Д. Павлов, А.И. Юхименко, В.С. Шокарев, И.В. Степура, А.В. Шокарев. Збірник наукових праць Української державної академії залізничного транспорту. Харків: УкрДАЗТ, 2014. С. 70–76.
2. Мавроди Ф.И., Саенко В.Г. Способ устранения крена дымовой трубы. Современные проблемы строительства. Донецк, 1997. С. 53–57.
3. Вирівнювання будинків домкратами / А.С. Трегуб, І.Н. Москаліна, В.П. Науменко, В.П. Мілявський. Будівельні конструкції: зб. наук. праць. Вип. 71. Кн. 2. Київ, 2008. С. 93–102.
4. Живодеров Н.А. Испытание и выравнивание жилого дома на ступенчатых оседающих подрабатываемых территориях. Современные проблемы строительства. Донецк, 1997. С. 57–60.
5. Косаренко Г.И., Казначеевский П.А., Яроцкий Г.Д. Крены зданий и методы их выправления в порядке обслуживания. Строительство и архитектура Узбекистана. 1980. № 12. С. 11–14.
6. Спосіб вирівнювання будівель, споруд: пат. 65455А Україна: Е 02Д 35/00. № 2003/10/9485; заявл. 21.10.03; опубл. 15.03.04; Бюл. № 3. 12 с.
7. Коновалов П.А. Основания и фундаменты реконструируемых зданий. Москва, 1988. 287 с.
8. До моделювання напружено-деформованого стану тривало обтиснених замкнених лісових основ / Ю.Л. Винников, О.В. Гранько, А.М. Пащенко, А.В. Яковлев. Будівельні конструкції: зб. наук. праць. Вип. 71. Кн. 1. Київ: НДІБК, 2008. С. 235–243.
9. Самченко Р.В. Особливості технології усунення кренів димових труб регулюванням жорсткістю основ. Збірник наукових праць Української державної академії залізничного транспорту. Харків, 2014. С. 76–82.
10. Установка для проходки в грунтах: пат. 42283 Україна: Е 21 В 3/00. № u200901349; заявл. 18.02.09; Бюл. № 12. 6 с.

#### УЧЕТ ИЗМЕНЕНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК ГРУНТОВ ОСНОВАНИЙ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ИХ ОБЖАТИЯ ФУНДАМЕНТАМИ В ПРОЦЕССЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЗДАНИЙ ПРИ УСТРАНЕНИИ ИХ ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ

*В процессе долгосрочной эксплуатации зданий, сооружений возникают их деформации. Кроме того, происходит обжатие грунтов с изменениями их характеристик. При этом по результатам исследования по уточнению измененных характеристик грунтов определяют «новую» несущую способность и делают вывод о целесообразности дополнительного усиления оснований. Изменение свойств грунтов может влиять на технологический процесс при устранении деформаций, поэтому принимают решение об учете указанных обстоятельств. Ликвидация крена рассмотренного наклонного здания успешно выполнена путем регулируемого изменения жесткости основания.*

**Ключевые слова:** деформации зданий, укрепление оснований, обжатие грунтов, изменение свойств, учет изменения характеристик, устранение деформированного состояния.

#### TAKING INTO ACCOUNT THE CHANGES IN THE SOILS CHARACTERISTICS UNDER THE INFLUENCE OF PROLONGED DEFLECTION BY THE FOUNDATIONS DURING THE BUILDINGS OPERATION WHEN ELIMINATING THEIR DEFORMED STATE

*In the course of long-term buildings and structures operation some deformations may appear. Also, there is a soil deflection by the foundations with a change in their characteristics. According to the results of studies on specification of changes in soil characteristics, they are determined with the “new” bearing capacity of the fortified base of the foundations and conclude that it is expedient to amplify the bases after eliminating the deformed state. Changing the properties of substrates can affect the technological process in removing deformations, so they make decisions on taking into account these circumstances. The liquidation of the tilt of a building in question has been successfully implemented through an adjustable change in the stiffness of the base.*

**Key words:** buildings deformations, strengthening of bases, soils deflection, change of characteristics, taking into account changing of characteristics, liquidation of deformed state.