УДК 624.159:624.128. DOI: https://doi.org/10.18664/1994-7852.148.2014.71006

О ГЕОТЕХНОЛОГИЯХ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДЕФОРМИРОВАННЫХ ЗДАНИЙ И ОБЕСПЕЧЕНИЯ ИХ ДАЛЬНЕЙШЕЙ НОРМАЛЬНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Канд. техн. наук Р.В. Самченко, д-р техн. наук И.Д. Павлов,
асп. А.И. Юхименко, В.С. Шокарев, И.В. Степура, инж. А.В. Шокарев

ПРО ГЕОТЕХНОЛОГІЇ ВІДНОВЛЕННЯ ДЕФОРМОВАНИХ БУДІВЕЛЬ ТА ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЇХ ПОДАЛЬШОЇ НОРМАЛЬНОЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

Канд. техн. наук Р.В. Самченко, д-р техн. наук І.Д. Павлов,
асп. А.І. Юхименко, В.С. Шокарев, І.В. Степура, інж. А.В. Шокарев

ON THE TECHNOLOGIES OF RESTORATION OF THE DEFORMED BUILDINGS AND MAINTENANCE OF THEIR FURTHER NORMAL OPERATION

Cand. of techn. sciences R.V. Samchenko, doct. of techn. sciences .I.D.Pavlov,
the post-graduate student A.I. Yukhymenko, V.S. Shokarev, I.V. Stepura, eng. A.V. Shokarev

Выравнивание накренившихся строительных объектов предлагается осуществлять путем бурения в слое основания под фундаментами горизонтальных скважин переменных параметров. Обеспечение дальнейшей надежной эксплуатации восстановленных строительных объектов достигается усилением оснований укреплением грунтов путем горизонтального армирования буросмесительной технологией.

Ключевые слова: *крены зданий, выравнивание, укрепление грунтов, усиление оснований горизонтальным армированием, мониторинг.*

Вирівнювання нахилених будівельних об'єктів пропонується виконувати шляхом буріння у шарі основи під фундаментами горизонтальних свердловин змінних параметрів. Забезпечення подальшої надійної експлуатації відновлених будівельних об'єктів досягається підсиленням основ укріпленням грунтів шляхом горизонтального армування бурозмішувальною технологією.

Ключові слова: *крени будівель, вирівнювання, укріплення грунтів, підсилення основ горизонтальним армуванням, моніторинг.*

It is offered the alignment of the tilted building objects by boring of horizontal boreholes of variable parametres in base layer under foundations. Maintenance of the further reliable operation of the restored building objects is reached by strengthening of bases with help of soil reinforcement by horizontal reinforcing using deep soil mixing.

Keywords*: tilts of building, alignment, soil reinforcement, strengthening of the bases by horizontal reinforcing, monitoring*

Введение. Постановка проблемы. Строительство и эксплуатация зданий, сооружений на территориях, сложенных слабыми и структурно-неустойчивыми грунтами, а также в горнодобывающих регионах затруднено тем, что вследствие негативного техногенного воздействия на основания фундаментов возникает большое количество поврежденных строительных объектов. Чаще всего повреждения зданий и сооружений происходят из-за неравномерных деформаций оснований и, как следствие, неравномерных осадок фундаментов. При этом возникают различного вида деформации зданий, сооружений – выгибы, прогибы, относительное смещение конструкций и др., но наиболее сложные деформации – крены.

Особенно тяжелыми последствиями деформаций являются наклоны зданий и сооружений, когда они или их части (блок-секции) блокируются между собой по различным схемам через деформационные швы. Тенденция наклоненных зданий заключается в том, что наклоны увеличиваются

вследствие появления эксцентриситета центра тяжести и перераспределения давления фундаментов на основание с увеличением его в сторону крена. При встречных кренах величина деформационных швов уменьшается. Увеличение встречных кренов во времени приводит к замыканию зазоров между смежными строениями и, как следствие, возникновению взаимных давлений. Взаимные давления увеличиваются во времени, что приводит к деформациям конструкций и возникновению аварийного состояния зданий (рис. 1).

Крены опасны не только при взаимных наклонах смежных строений, но и в случаях отдельно стоящих зданий. При возникновении эксцентриситета центра тяжести строения возникают изгибные моменты которые приводят к существенным деформациям разного вида, увеличивающиеся во времени до возникновения аварийных ситуаций. Поэтому для предупреждения таких явлений необходимо своевременно устранять крены зданий, сооружений.

Рис. 1. Аварийное состояние блок-секции вследствие сталкивания смежных строений из-за встречных кренов по ул. Воронежской,6а в г. Запорожье

Вторая проблема, связанная с восстановлением деформированных зданий, заключается в следующем. Исследования и практика обследований поврежденных зданий показывают, что основными причинами повреждений являются неравномерные деформации оснований, которые вызывают неравномерные осадки фундаментов вследствие техногенных влияний на грунты оснований. Поэтому при восстановлении деформируемых зданий для обеспечения дальнейшей надежной эксплуатации зачастую возникает необходимость в усилении оснований. Усиление оснований следует выполнять сразу же после устранения деформированного состояния зданий.

Целью данной статьи является информирование о разработанных нами эффективных технологий и способов восстановления деформированных зданий, которые обеспечивают дальнейшую надежную их эксплуатацию.

Изложение основного материала. *А - выравнивание наклоненных зданий, сооружений.* Наиболее исследованным и внедренным методом устранения кренов зданий является применение домкратных систем [1]. Но этот метод имеет существенный недостаток – влияние значительных сосредоточенных усилий на конструкции зданий, которые вызывают ряд сложностей при его применении. Например, возникает

необходимость существенного усиления фундаментно-цокольной части, необходимость разъединения здания на фундаментную и надфундаментную части их разрезкой и др.

Запорожским отделением государственного предприятия научно-исследовательского института строительных конструкций (ЗВ ГП НИИСК) разработан метод выравнивания зданий, сооружений регулируемым изменением жесткости основания путем частичного удаления избыточного объема грунта из-под части фундамента, который меньше осел в процессе эксплуатации.

Удаление грунта из-под менее осевшей части фундамента предложено выполнять регулируемым бурением горизонтальных параллельных скважин переменных расчетных параметров. При проектировании и в процессе работ по выравниванию необходимо соблюдать два условия. Во-первых, объем вынутого грунта должен равняться объему пространственной эпюры осадок фундаментов здания; во-вторых, для предупреждения увеличения деформаций строительных конструкций эпюра задаваемых зданию неравномерных осадок должна быть линейной.

Нами разработаны технологии выравнивания зданий, накренившихся в продольном, поперечном и сложном

Для бурения горизонтальных скважин под фундаментом расчетным путем определяют количество рядов скважин по высоте, то есть определяют толщину слоя основания, в котором необходимо выполнить его перфорацию. Расчетами определяют необходимость устройства подпорной стенки фундаментов для обеспечения их устойчивости и укрепления будущего откоса котлована и перед его изготовлением, в случае необходимости, выполняют их вертикальным армированием буросмесительной технологией. Котлован откапывают со стороны менее осевшей части здания, на дне котлована монтируют разработанные нами уровне изобретения [3] малогабаритные станки горизонтального бурения и выполняют ослабление слоя основания бурением горизонтальных скважин переменного сечения. Под давлением здания целики грунта между скважинами и в их сводах разрушаются, перфорированный слой основания неравномерно сжимается.

Технологическая схема выравнивания зданий, наклонных в поперечном направлении, показана на рис. 2. Поскольку диаметры скважин постепенно уменьшаются в направлении от менее осевшей к более осевшей части здания по расчетным параметрам, то и деформации сжатия слоя основания в соответствующем направлении уменьшаются и, следовательно, осадка здания происходит по расчетной эпюре.направлениях [2].

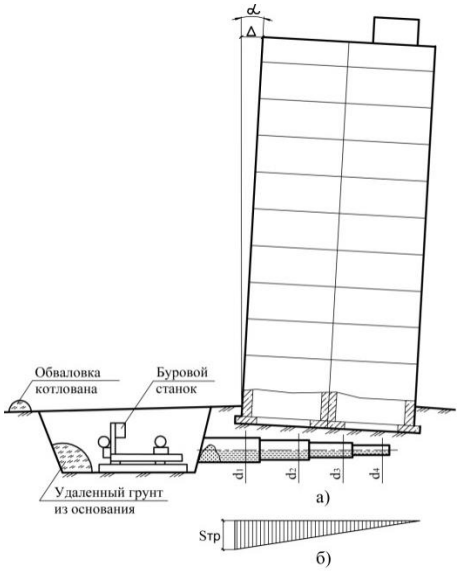

Рис. 2. Технологическая схема устранения поперечного крена:
а – параметры поперечного крена и скважины переменных параметров; б – эпюра осадок фундаментов

Для устранения продольного крена здания (рис. 3) котлован отрывают в зависимости от возможностей. Более рациональным является откопка вдоль одного из фасадов, более удобно со стороны главного фасада. Фронт бурения разбивают на участки, количество которых соответствует наличию буровых станков. Бурение скважин начинают одновременно на всех участках в соответствующей очередности таким образом чтобы избежать деформаций выгиба или прогиба фундамента.

Выравнивание здания по треугольной эпюре достигается бурением скважин постоянного диаметра по ширине здания в поперечном направлении с переменными расчетными диаметрами и шагами по фронту

бурения. При этом диаметры скважин уменьшаются в направлении от менее осевшего до более осевшего торца здания, т.е. $d_1>d_2>d_n$, а шаги – наоборот увеличиваются: $t_1<t_2<t_n$.

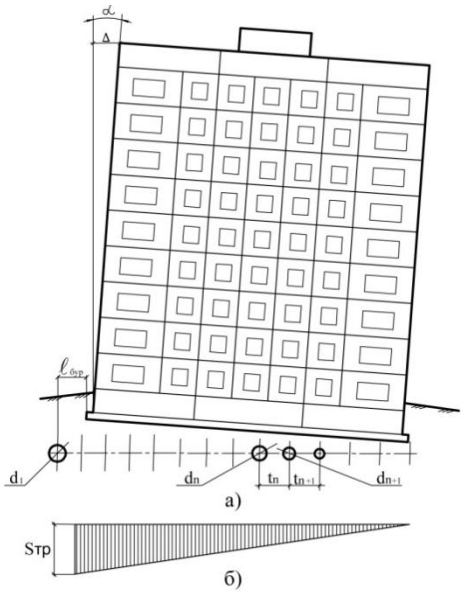

Рис. 3. Технологическая схема устранения продольного крена:
а – параметры продольного крена; б – эпюра осадок фундаментов; α – угол наклона; Δ – отклонения от вертикали; $S_{тр}$ – необходимые осадки здания

Для выравнивания зданий, имеющих сложные крены (крены по диагонали), котлован откапывают с любой возможной стороны. Более желательно – вдоль менее осевшей стороны фундамента. Задание технологических деформаций сжатия основания, необходимых для получения неравномерных осадок по эпюре, которая при устранении сложных кренов будет иметь форму трапеции, выполняют путем ослабления слоя основания одним или несколькими рядами (ярусами) скважин. Комбинируя горизонтальные ступенчатые и с постоянным диаметром скважины со сменными расчетными параметрами бурения – шагом, диаметром, длиной, достигают неравномерных осадок фундаментов одновременно в двух направлениях.

После бурения проектного объема скважин приступают к не менее ответственному этапу выравнивания наклонных объектов – регулированию осадок фундаментов и управлению пространственным положением зданий и сооружений, которое выполняется на основании данных мониторинга и по разработанным технологиям [4].

Нами разработана методика расчетов технологических параметров выравнивания [5], которая успешно проверена на практике выравнивания 56 наклоненных объектов, поэтому с высокой ответственностью можно утверждать в ее достоверности. Выравнивание этих объектов прошло без единой остановки их эксплуатации, без увеличения деформированного состояния, и главное – без отселения жителей, что свидетельствует о надежности и эффективности разработанных технологий.

Б - усиление оснований фундаментов зданий. Учитывая, что повреждения зданий в основном происходят вследствие деформации оснований из-за негативного влияния техногенных факторов, возникает объективная необходимость усиления оснований. Наиболее целесообразным способом усиления оснований является укрепление грунтов армированием. При этом, для существующих зданий при необходимости усиления оснований фундаментов укреплением грунтов под всей их площадью, особенно при условиях сохранения целостности конструкций в помещениях, целостности отделки и без отселения жителей, наиболее целесообразным является горизонтальное армирование грунтов. В этой ситуации эффективным способом укрепления грунтов является буросмесительный способ (БСТ), суть которого заключается в том, что разрушенный грунт в толще смешивают с вяжущим раствором. Перемешанный измельченный грунт с вяжущим раствором схватывается, со временем твердеет и превращается в грунтоцементный армирующий элемент (ГЦАЕ) высокой прочности и жесткости. В качестве вяжущего раствора наиболее эффективным является водоцементный, который обеспечивает наибольшую прочность и жесткость образованного материала вследствие его смешивания с разрушенным грунтом.

Эффективность буросмесительного способа укрепления грунтов обусловливается следующим: сравнительно низкими стоимостью и материалоемкостью, ведь для образования грунтоцементных армирующих элементов применяют до 75-85 % тот же грунт, что укрепляется и только 15-25% – цемент,

также невысокие энерго-, материало- и машиноемкость.

Условие, указанное выше при усилении оснований действующих зданий, сооружений, обеспечивается тем, что укрепление грунтов горизонтальным армированием выполняется снаружи здания разработанным нами способом на уровне изобретения [6] следующим образом. Технологическая схема горизонтального армирования показана на рис. 4.

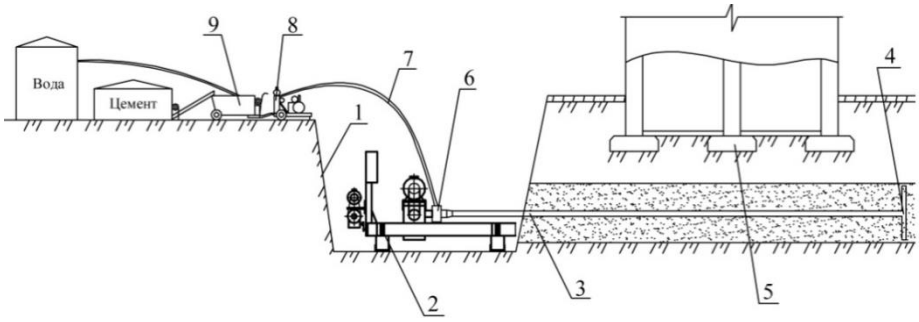

Рис. 4. Горизонтальное армирование грунтов:
1 – котлован; 2 – станок горизонтального бурения; 3 – полая буровая штанга; 4 – буросмеситель; 5 – фундамент; 6 – вертлюг; 7 – шланг; 8 – растворонасос; 9 – растворомешалка

При необходимости, если армирующие элементы должны оказывать высокое сопротивление на изгиб, грунтоцементные армоэлементы можно усиливать жесткими конструкциями следующим образом. По окончании извлечения буровой штанги и буросмесителя в текучепластическую грунтоцементную смесь погружают посекционно конструктивные жесткие элементы, например металлические трубы.

Выравниванием наклонных объектов устраняются лишь последствия деформации. Для обеспечения надежной дальнейшей эксплуатации необходимо укрепить грунты для усиления оснований горизонтальным армированием по буросмесительной технологии.

Усиление основания следует выполнять сразу же после выравнивания здания. При этом укрепление грунтов горизонтальным армированием выполняют из того же котлована, из которого производилось бурение горизонтальных скважин и теми же станками горизонтального бурения.

Как было сказано выше, при откопке котлована, при необходимости выполняют устройство подпорной стенки и укрепление будущих откосов котлована вертикальными ГЦЭ. Устройство вертикальных ГЦЭ выполняется по буросмесительной технологии аналогичной устройству горизонтальных армоэлементов и тем же оборудованием. Разница заключается лишь в применении бурового станка. Для вертикального армирования разработанный нами на уровне изобретения [7] и изготовлен малогабаритный станок вертикального и наклонного бурения. Мобильность малогабаритного станка позволяет устанавливать его непосредственно у стен и устраивать подпорную стенку фундаментов у самых их обрезов.

Мониторинг. На протяжении всего технологического процесса восстановительных работ осуществляют постоянный мониторинг - геодезические наблюдения за осадками фундаментов нивелированием, контроль за изменением наклона здания теодолитными измерениями. По результатам геодезических наблюдений ежедневно строятся эпюры осадок по всему контуру здания, сооружения, анализируют и следят, чтобы изменение осадок происходила по линейной закономерности. При отклонении от такой закономерности, выясняют причину и вносят соответствующие коррективы в технологический процесс для исправления порядка осадок. Кроме эпюры осадок строят графики изменения осадок во времени, т.е. динамику осадок, которые также дают представление о ходе процесса выравнивания и помогают управлять этим процессом. Геодезические методы контроля

имеют дискретный характер надзора за процессом выравнивания объектов.

Постоянный контроль процесса выравнивания в реальном времени рекомендуется выполнять с помощью автоматизированной измерительно-информационной системы «Мониторинг», разработанной в ЗО ГП НИИСК [8].

Выводы:

1. На территориях, сложенных слабыми и структурно-неустойчивыми грунтами, в горнодобывающих регионах вследствие вредного техногенного влияния на основания существует большое количество деформированных зданий, нуждающихся в восстановлении и обеспечении дальнейшей нормальной эксплуатации.

2. Из разных видов деформаций зданий, сооружений наиболее проблемными деформациями являются крены, особенно при взаимных встречных кренах смежных зданий, которые могут приводить к их сталкиванию и при несвоевременном принятии мер по их разъединению могут возникать аварийные ситуации.

3. Для восстановления накренившихся зданий в проектное положение разработан эффективный метод их выравнивания регулируемым управлением жесткостью основания путем бурения под фундаментами горизонтальных скважин переменных параметров, которым успешно выполнено выравнивание 56 накренившихся объектов без усугубления деформированного состояния, без прекращения эксплуатации и без отселения жителів.

4. Поскольку деформации зданий в основном возникают через негативное влияние техногенных факторов на грунты оснований, приводящих к их деформациям, для обеспечения дальнейшей надежной эксплуатации строительных объектов необходимо укреплять грунты оснований сразу же после ликвидации деформированного состояния строительных объектов.

5. Разработан эффективный метод усиления оснований горизонтальным армированием грунтов по буросмесительной технологии. Для реализации предложенных методов устранения кренов и усиления оснований разработаны малогабаритные буровые станки горизонтального, вертикального и наклонного бурения.

6. На протяжении всего технологического процесса восстановительных работ необходимо вести мониторинг геодезическими методами и с помощью разработанной автоматизированной измерительно-информационной системы ″Мониторинг″.

Список использованных источников

1. Трегуб, А.С. Вирівнювання будинків домкратами [Текст] / А.С. Трегуб, І.Н. Москаліна, В.П. Науменко, В.П. Мілявський // Будівельні конструкції: зб. наук. праць. – К.: НДІБК, 2008. – Вип. 71. – Кн. 2. – С.93-102.

2. Спосіб вирівнювання будівель, споруд [Текст]: патент України №65455А, Е 02Д 35/00 / Степура І.В., Шокарев В.С., Павлов А.В., Трегуб А.С., Самченко Р.В. (Україна). - №2003109485; Заява 21.10.2003; Опубл. 15.03.2004, Бюл. №3. – 2004. – 12 с.

3. Установка для проходки в грунтах [Текст]: патент України №42283, Е21В3/00 /Степура І.В., Шокарев В.С., Павлов А.В., Самченко Р.В., А.С. Трегуб, Степура С.І. (Україна). - №u200901349; заява 18.02.2009, Бюл. №12. – 2009. – 6 с.

4. Спосіб вирівнювання будівель, споруд [Текст]: патент 40931 України Е02Д35/00 ДНДІБК, Степура І.В., Шокарев В.С., Павлов А.В., Трегуб А.С., Самченко Р.В., Степура С.І. (Україна); Заява 17.12.2008; Опубл. 27.04.2009; Бюл. №8. – 2009. – 4 с.

5. Самченко, Р.В. Удосконалення технології вирівнювання нахилених будівель горизонтальним вибурюванням грунту із основи [Текст]: автореф. дис… канд. техн. наук. – Дніпропетровськ, 2010. – 19 с.

6. Спосіб закріплення грунтів [Текст]: патент України №39173, Е02Д3/12 / Степура І.В., Шокарев В.С., Павлов А.В., Трегуб А.С., Самченко Р.В., Степура С.І. (Україна). - № u200810750; заява 29.08.2008, Бюл. №3. – 2009. – 6 с.

7. Буровий верстат [Текст]: патент України №73991,Е21В3/00 / Самченко Р.В., Степура І.В., Шокарев В.С., Павленко В.П., Павлов А.В., Юхименко А.І., Мунь А.А. (Україна). - №201204614; Заява 12.04.2012; Опубл. 10.10.2012, Бюл. №19. – 2012. – 4 с.

8. Шокарев, В.С. Автоматизированная измерительно-информационная система для мониторинга строительных объектов [Текст] / В.С. Шокарев, В.И. Чаплыгин, С.В. Хилько, А.В. Пограничный // Будівельні конструкції. – К.: НДІБК, 2004. – Вип. 61. – С. 496-501.

Самченко Роман Васильович, канд. техн. наук, доцент кафедри промислового та цивільного будівництва, Запорізька державна інженерна академія. Тел.: (050) 454-81-65, (0612) 42-95-58 E-mail: sektor3@ukr.net.
Павлов Іван Дмитрович, д-р техн. наук, професор, завідувач кафедри промислового та цивільного будівництва, Запорізька державна інженерна академія. Тел.: (095) 397-54-41.
Юхименко Артем Ігоревич, аспірант, ассистент кафедри промислового та цивільного будівництва, Запорізька державна інженерна академія. Тел.: (095) 447-13-65, (0612) 42-95-58. E-mail: winner.wcar@gmail.com.
Шокарев Віктор Семенович, канд. техн. наук, старш. наук. співроб., директор запорізького відділення державного підприємства "Науково-дослідний інститут будівельних конструкцій" (ЗО ГП НИИСК). zoniisk@mail.ru.
Степура Иван Васильович, канд. техн. наук, старш. наук. співроб., запорізьке відділення державного підприємства "Науково-дослідний інститут будівельних конструкцій" (ЗО ГП НИИСК). winner.wcar@gmail.com.
Шокарев Андрій Вікторович, інженер, запорізьке відділення державного підприємства "Науково-дослідний інститут будівельних конструкцій" (ЗО ГП НИИСК). zoniisk@mail.ru.

Samchenko Roman Vasilyevich, Cand. Sc., associate professor of department of industrial and civil construction, faculty of water resources and construction, Zaporozhye State Engineering Academy. Tel.: (050) 454-81-65, (0612) 42-95-58. E-mail: sektor3@ukr.net.
Pavlov Ivan Dmitrievich, Dr. Eng. Sc., Prof., head chairman of department of industrial and civil construction, faculty of water resources and construction, Zaporozhye State Engineering Academy. Tel.: (095) 397-54-41.
Yukhymenko Artem Igorevich, the post-graduate student, assistant of department of industrial and civil construction, faculty of water resources and construction, Zaporozhye State Engineering Academy. Tel.: (095) 447-13-65, (0612) 42-95-58. E-mail: winner.wcar@gmail.com.
Shokarev Victor Semenovich, Cand. Sc., senior researcher, director of zaporozhye branch of public enterprise “State Scientific-Research Institute of Building Constructions’’.
Stepura Ivan Vasilyevich, Cand. Sc., senior researcher, Zaporozhye branch of public enterprise “State Scientific-Research Institute of Building Constructions’’.
Shokarev Andrei Victorovich, engineer, Zaporozhye branch of public enterprise “State Scientific-Research Institute of Building Constructions’’.