

Е.А. Шокарев, аспирант,  
А.В. Шаповал, к.т.н., доцент, В.Г. Шаповал, д.т.н., профессор  
Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры  
А.С. Шокарев  
заведующий лабораторией ЗоНИИСК

## ОПЫТ УСТРАНЕНИЯ НЕРАВНОМЕРНЫХ ДЕФОРМАЦИЙ ЗДАНИЯ НА ЛЕССОВЫХ ПРОСАДОЧНЫХ ГРУНТАХ

*Изложен опыт использования жестких горизонтальных армирующих элементов для уменьшения потенциальных неравномерных деформаций основания, обладающего просадочными свойствами.*

**Ключевые слова:** *неравномерность деформаций, лессовые просадочные грунты, армирующий элемент.*

Є.О. Шокарев, аспірант,  
А.В. Шаповал, к.т.н., доцент, В.Г. Шаповал, д.т.н., професор  
Придніпровська державна академія будівництва і архітектури  
О.С. Шокарев  
завідувач лабораторії ЗвНДІБК

## ДОСВІД УСУНЕННЯ НЕРІВНОМІРНИХ ДЕФОРМАЦІЙ БУДІВЛІ НА ЛЕСОВИХ ПРОСАДОЧНИХ ГРУНТАХ

*Викладено досвід використання жорстких горизонтальних армуючих елементів для зменшення потенційних нерівномірних деформацій основи, яка володіє просадочними властивостями.*

**Ключові слова:** *нерівномірність деформацій, лессові просадочні грунти, армуючий елемент.*

E.A. Shokarev, graduate student,  
V.G. Shapoval, DrSc., Prof, A.V. Shapoval, PhD.  
Prydneprovska State Academy of Construction and Architecture  
A.S. Shokarev  
Chief of ZdSRIC Laboratory

## THE EXPERIENCE OF DIFFERENTIAL DEFORMATIONS ELIMINATION OF BUILDING ON LOESS COLLAPSE SOILS

*The experience of potential differential deformations of bases which possess collapse properties for reason completely acceptable hard horizontal reinforced elements is presented.*

**Keywords:** *differerence of deformations, loess collapsable soils, element of reinforcement.*

**Постановка проблемы в общем виде и ее связь с важными практическими задачами.** При реконструкции зданий, возведенных на лессовых просадочных грунтах, имеет место проблема увеличения потенциальных неравномерных деформаций оснований и фундаментов зданий из-за увеличивающейся на них нагрузки (увеличение этажности, перепланировка и т.п.) [1].

**Анализ последних исследований и публикаций, в которых начато решение проблемы.** Наиболее рациональным способом устранения крена зданий и сооружений является удаление расчетных объемов грунта из-под подошвы фундамента путем подработки грунта бурением горизонтальных цилиндрических скважин [2, 3].

**Выделение не решенных ранее частей общей проблемы, которым посвящается статья.** Некоторые здания имеют серьезный перепад отметок заложения фундаментов, что увеличивает вероятность возникновения неравномерных деформаций и, соответственно, усложняет возможности их устранения.

**Цель работы** – проанализировать особенности практического использования метода армирования основания жесткими горизонтальными элементами с целью уменьшения его потенциальных неравномерных деформаций при увеличении действующей на него нагрузки.

**Изложение основного материала исследования.** Подлежащее реконструкции пятиэтажное здание гостиницы имеет в плане прямоугольную форму (80,0 × 14,6 м). Конструктивная схема здания – смешанная, с поперечными несущими стенами и элементами каркаса (колонны и ригели) из сборно-монолитного железобетона в

уровне первого этажа. Здание возведено без разрезки деформационным швом одним блоком. Под частью здания имеется подвал глубиной до 3,0 м. Конструктивные элементы здания выполнены из таких материалов:

- фундаменты – ленточные, монолитные железобетонные;
- стены подвала – монолитные железобетонные;
- наружные и внутренние капитальные стены (кроме первого этажа) выполнены из кирпича на цементно-песчаном растворе;
- колонны и ригели первого этажа – сборные, железобетонные;
- продольные перегородки выполнены из гипсобетонных панелей с встроенными в них асбестовыми трубами (вентиляционные каналы); перегородки в номерах выполнены из гипсобетонных прокатных панелей;
- междуэтажные перекрытия – из сборных железобетонных плит;
- лестницы – из сборных железобетонных площадок и маршей;
- кровля – чердачная, двухскатная с покрытием из АЦВ листов по деревянной обрешетке, выполненной по деревянным стропилам.

Пространственная жесткость здания обеспечивается жесткими дисками перекрытий и системой несущих поперечных и продольных наружных стен. Конструктивные противосадочные мероприятия в виде монолитных железобетонных поясов отсутствуют.

Основанием фундаментов являются природные лессовые суглинки различной консистенции. Лессовые грунты залегают выше кровли водонасыщенных грунтов, которая в свою очередь располагается на 0,5 м выше установившегося уровня подземных вод. Эти грунты обладают просадочными свойствами. Подземный водоносный горизонт на август...сентябрь 2011 г. вскрыт на глубине 4,3...4,8 м от поверхности земли и ~2,0 м от поверхности пола подвала здания. Вскрытый подземный водоносный горизонт – безнапорный. Величина возможной просадки грунтов под фундаментами здания неодинаковая. Это обусловлено различными отметками заложения подошвы фундаментов (перепад отметок составляет 1,65 м) и уровня подземных вод в «пятне» здания.

Мощность просадочной толщи под фундаментами, расположенными выше уровня подземных вод, изменяется от 0,5 до 2,1 м. Возможная просадка грунтов основания фундаментов, расположенных выше установившегося уровня подземных вод, изменяется от 2,38 см до 9,29 см. Часть фундаментов расположена ниже уровня подземных вод.

Для оценки деформированного состояния здания гостиницы выполнена геодезическая съемка высотного положения по линии цоколя. За «нулевую» точку была принята наименее просевшая часть здания. Оказалось, что наиболее сильно деформировалось основание под частью здания без подвала. При этом наименьше просевшей частью здания является его торцевой фасад с подвальной частью. Кроме того, было установлено, что в процессе эксплуатации осадка бесподвального участка здания уже составила 290 мм, что, согласно [4], в 2,9 раз превышает максимально допустимое значения осадки для данного класса здания.

В здании планировали реконструкцию, организовав в нем многофункциональный комплекс. В ходе реконструкции было необходимо выполнить: увеличение этажности здания; строительство пристройки вдоль дворового фасада; перепланировку помещений. При этом возникла проблема уменьшения потенциальных дополнительных неравномерных деформаций основания и фундаментов здания с учетом планируемой реконструкции с увеличением этажности (и нагрузки на грунт).

Для уменьшения величины потенциальных неравномерных деформаций здания, согласно [4, 5], было нами выполнено преобразование строительных свойств просадочных грунтов путем их армирования элементами повышенной жесткости. С учетом таких факторов, как мощность толщи подлежащих усилению слабых грунтов, глубина заложения и размеры подошвы фундаментов здания было принято решение армирующие элементы повышенной жесткости расположить горизонтально. При этом рабочими проектами также было предусмотрено устройство жестких горизонтальных армирующих элементов под фундаментами на тех участках здания, где величины потенциальных деформаций имеют максимальное значение (т. е. в части здания без подвала) и на участке здания с подвалом, где глубина заложения подошвы фундаментов имеет наибольшее значение.

Армирование грунтов основания осуществлялось горизонтальными грунтоцементными элементами повышенной жесткости диаметром 300 мм. Устройство горизонтальных грунтоцементных элементов выполнялось при помощи бурового станка УГБ – 250А и буровой коронки-смесителя диаметром 300 мм. Коронка крепилась к составным полым штангам диаметром 42 мм и длиной 1 м. Скорость ее вращения равна 72 об/мин, а скорость осевой подачи – 0,3...0,75 м/мин.

В зависимости от величины расчетных вертикальных деформаций жесткие армирующие элементы в ряде мест расположены в трех ярусах, а в ряде мест – в одном. Грунтоцементные элементы устраивались непосредственно под подошвой фундаментов и образовались в результате разрушения природной структуры грунта с одновременным его перемешиванием с нагнетаемым под давлением водноцементным раствором (т.е. бурсмесительным способом). Закрепление грунтов основания существующего здания выполнялось из котлованов, устроенных с наружной части здания и в его подвальной части. После завершения работ выполнена обратная засыпка котлована с послойным уплотнением грунта до удельного веса грунта в сухом состоянии  $\gamma_d \geq 16 \text{ кН/м}^3$ .


До начала работ, а также в процессе устройства горизонтальных армирующих элементов и в период набора ими прочности осуществлялся мониторинг здания. Он включал в себя высокоточный контроль изменения его пространственного положения в целом, а также мониторинг изменения положения его отдельных конструктивных элементов.

На этом этапе исследований нами преследовалась цель выявления возможных неравномерных осадок фундаментов здания, которые обусловлены производством работ по устройству армирующих элементов. Контроль положения здания и его элементов осуществлялся с помощью установленных на несущих и капитальных стенах датчиков УИД (постоянно) и геодезическим методом (1 раз в неделю).

Работы по устройству горизонтальных грунтоцементных элементов выполнялись в строго определенной последовательности с использованием разработанной нами модификации буросмесительной технологии [5, 6], сущность которой заключается в следующем (рис. 1, а и рис. 1, б).

1. При совместном расчете напряженно-деформированного состояния системы «армированное основание – фундаменты – надфундаментное строение» определялись количество, диаметр, глубина и шаг расстановки горизонтальных армирующих элементов.

2. Затем выполнялся расчет напряженно-деформированного состояния данной системы после отрывки вблизи его фундаментов траншей и бурения скважин в ходе устройства горизонтальных армирующих элементов. Устанавливалось количество захваток, с которых выполнялось устройство элементов и расстояние между ними.



*Рисунок 1 – Горизонтальные армирующие элементы: а – в процессе изготовления; б – то же, после набора бетоном проектной прочности; 1 – котлован; 2 – буровая установка УГБ – 250А; 3 – полая штанга (служит одновременно для передачи вращающего момента на шнек и подачи в основание воднопесчаной смеси); 4 – гибкие шланги (служат для подачи в основание воднопесчаной смеси); 5 – существующие коммуникации; 6 – готовые горизонтальные армирующие элементы*

3. Работы на каждой из захваток включали в себя:

- устройство котлована на проектную глубину с планировкой его дна;
- устройство подготовки из шлака (мощностью 0,1 м);
- монтаж и крепление рельсовых путей (они необходимы для перемещения буровой установки);
- подключение технологического оборудования;
- разбивка осей армирующих элементов;
- приготовление рабочего водоцементного раствора с помощью растворомешалки;
- устройство грунтоцементных элементов;
- извлечение колонны буровых штанг и коронки из скважины с повторным дополнительным нагнетанием раствора и перемешиванием материала армирующих элементов;
- тампонирующее устья скважины;
- промывка рукавов, вертлюга и коронки-смесителя;
- отключение оборудования;
- перестановка и подключение технологического оборудования на следующую захватку для устройства следующего элемента.

Устройство грунтоцементных элементов осуществлялось при температуре воздуха выше 5°C. При отрицательной и знакопеременной температуре воздуха оголовки элементов необходимо утеплять. На один погонный метр грунтоцементных элементов расходовалось: портландцемента М 400 – 35кг; воды – 80...100% от веса цемента (28...35 л). Грунтоцементные элементы устраивались захватками с удвоенной величиной шага расстановки. К устройству пропущенного элемента приступали не ранее, чем через сутки после изготовления соседних (т. е. предыдущих) и набора последними проектной прочности.

Разработанная нами система контроля качества работ по устройству грунтоцементных элементов включает в себя:

1. Отбор образцов грунтоцементных армирующих элементов после их изготовления (количество испытываемых элементов должно быть не менее одного на каждую захватку).
2. Их испытания в лабораторных условиях в возрасте 14 суток.
3. Занесение контролируемых параметров в журнал производства работ.
4. Контроль длины и сплошности грунтоцементных элементов (для этой цели следует использовать акустический метод). Контролю подлежат 10% выполненных элементов.
5. Приемку работ по закреплению грунтов основания с использованием буросмесительной технологии, которую следует производить в соответствии с требованиями [6]. **Пакет документов включает:** акты на скрытые работы; исполнительные схемы; результаты лабораторных испытаний образцов, отобранных из грунтоцементных элементов.

В целом, был сделан **вывод** о том, что с использованием жестких горизонтальных армирующих элементов удалось решить ряд проблем уменьшения потенциальных неравномерных деформаций фундаментов здания, возведенного на структурно неустойчивых грунтах.

*Литература*

*1. Крутов, В.И. Фундаменты мелкозаложенного / В.И. Крутов, Е.А. Сорочан, В.А. Ковалев – М.: АСВ, 2007. – 184 с.*

2. *Interaction of the artificial bases with Collapsing Soils / V. Shokarev, V. Shapoval, A. Tregub, V. Grechko, A. Shokarev, A. Serdyuk, G. Rozenvasser, M. Kornienko, E. Petrenko, N. Zotsenko, Y. Vynnykov // Geotechnical Engineering in Urban Environments. – Proc. of the 14<sup>th</sup> European Conf. on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering (Madrid, 24-27 September 2007). – Millpress Science Publishers Rotterdam, 2007. – P. 481-486.*

3. *Шокарев, В.С. Экспериментальное обоснование выбора основного расчетного параметра при подработке грунтов под подошвой ленточного фундамента / В.С. Шокарев, В.И. Чаплыгин, А.В. Шокарев // Зб. наук. праць (галузеве машинобуд., буд-во)/ Полтав. нац. техн. ун-т ім. Юрія Кондратюка. Вип. 3 (28). – Полтава: ПолтНТУ, 2010. – С. 317 – 321.*

4. *ДБН В.1.1–5–2000. Здания и сооружения на подрабатываемых территориях и просадочных грунтах. Ч. II. Здания и сооружения на просадочных грунтах. Государственный комитет строительства, архитектуры и жилищной политики Украины. – К., 2000. – 87 с.*

5. *ДБН В.3.1–1–2002. Ремонт и усиление несущих и ограждающих строительных конструкций и оснований промышленных зданий и сооружений. Госстрой Украины. – К., 2003. – 77 с.*

6. *ДБН А.3.1–5–96. Організація будівельного виробництва. Державний комітет України у справах містобудування та архітектури. – К., 1996. – 65 с.*

*Надійшла до редакції 01.10.2012*

*© Е.А. Шокарев, А.В. Шаповал, В.Г. Шаповал, А.С. Шокарев*