

*В.Л. Седин, д.т.н., профессор*

*В.И. Крысан, к.т.н.*

*Е.М. Бикус, магистрант*

*Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры*

## **МОНИТОРИНГ ИЗМЕНЕНИЯ ДЕФОРМАЦИЙ ЖИЛОГО ДОМА И РЕКОМЕНДАЦИИ ПО УСТРАНЕНИЮ ПРЕДАВАРИЙНОГО СОСТОЯНИЯ**

*В статье изложены материалы натурных обследований многоэтажного двухсекционного жилого дома в г. Днепропетровске. Проанализированы причины, приведшие к неравномерным деформациям, и проведен мониторинг их изменения. Предложены рекомендации по стабилизации деформаций, позволяющие продлить дальнейшую эксплуатацию здания.*

**Ключевые слова:** вертикальные деформации, несущая способность сваи, силы отрицательного трения, инженерно-геологический элемент, крен.

*В.Л. Сєдін, д.т.н., професор*

*В.І. Крисан, к.т.н.*

*К.М. Бікус, магістрант*

*Придніпровська державна академія будівництва та архітектури*

## **МОНИТОРИНГ ЗМІН ДЕФОРМАЦІЙ ЖИТЛОВОГО БУДИНКУ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО УСУНЕННЯ ПЕРЕДАВАРИЙНОГО СТАНУ**

*У статті викладено матеріали натурних обстежень багатопверхового двосекційного житлового будинку в м. Дніпропетровську. Проаналізовано причини, що призвели до нерівномірних деформацій, і проведено моніторинг їх змін. Запропоновано рекомендації зі стабілізації деформацій, що дозволяють продовжити подальшу експлуатацію будівлі.*

**Ключові слова:** вертикальні деформації, несуча здатність палі, сили негативного тертя, інженерно-геологічний елемент, крен.

*V.L. Syedin, Prof. Dr.*

*V.I. Krisan, Ph. D.*

*K.M. Bikus, Post-graduate student*

*Prydneprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture*

## **MONITORING OF RESIDENTIAL BUILDING DEFORMATION CHANGE AND RECOMMENDATIONS ABOUT ELIMINATION OF PRE-EMERGENCY CONDITION**

*The materials of natural survey of two-piece multi-storey residential building in Dnepropetrovsk have been presented in the article. The causes of irregular deformations have been analyzed and monitoring of their change has been carried out. Recommendations on deformations stabilization, that can allow to prolong a term of building exploitation have been proposed.*

**Keywords:** soldier deformation, bearing capacity of a pile, forces of negative friction, engineering and geological element, bank.

**Постановка проблемы в общем виде и ее связь с важными практическими заданиями.** В Украине проблема строительства на просадочных грунтах остается актуальной. Сложность этой проблемы чаще всего обусловлена глубоким расположением подстилающих малосжимаемых грунтов (просадочная толща достигает 25 – 30 м). Замачивание просадочных грунтов техногенными и атмосферными водами вызывает изменение физико-механических свойств грунтов и способствует развитию деформаций грунтовых массивов. Иногда такие деформации способны распространяться на большие глубины, а также иметь локальный характер, что приводит к неравномерным осадкам зданий. Такие осадки наиболее неблагоприятны и опасны для несущих конструкций зданий и сооружений.

**Обзор последних источников исследований и публикаций.** Причины отказов зданий от нормальной эксплуатации достаточно разнообразны, но наиболее часто они встречаются из-за неравномерных деформаций оснований, что вызывает неравномерные осадки фундаментов [1].

**Выделение не решенных ранее частей общей проблемы, которым посвящена статья.** В данной статье рассматривается один из случаев проявления таких деформаций в здании жилого дома по ул. Симферопольская в г. Днепропетровске.

Рассматриваемый объект (здание жилого дома) находится на участке, расположенном в центральной части г. Днепропетровска. С запада он ограничен ул. Симферопольская, с востока ул. Обручева, с севера и юга – малоэтажными домами.

Рабочий проект был выполнен в 2001 году. Согласно проекту размещено две жилых точечных секции с высотой 11 и 15 этажей, размерами в осях – 24,67 × 20,18 и 26,42 × 24,69 м соответственно, со встроенными помещениями офисов и встроенно-пристроенным двухуровневым паркингом на 80 автомобилей.

За отметку 0,000 принят уровень пола этажа, что соответствует абсолютной отметке 100,90 в Балтийской системе.

Жилые секции имеют свайные фундаменты, величина несущей способности свай и их заглубление приняты по результатам испытаний, выполненных в 2001 году. Испытывались буронабивные сваи диаметром 500 мм с уширенной до 1400 мм пятой. Абсолютная отметка низа уширения 72,10 – 73,10. Несущим слоем выбраны грунты ИГЭ-8. Испытания свай с локальным замачиванием грунта показали, что расчетная допускаемая нагрузка на сваю составляет 156 т, а сила негативного трения, полученная при испытании сваи выдерживающей нагрузкой, составляет 49 т.

Расчетная нагрузка на сваю, принятая в проекте, составляет 156 т. В марте 2010 г. произошло интенсивное образование и развитие трещин в конструкциях паркинга и жилых секциях. Летом количество дефектов и их величина возросла.

**Формулировка целей и заданий исследования.** Целью настоящей работы является мониторинг изменения деформаций жилого дома, и на основании полученной информации, выдача рекомендаций для стабилизации деформаций, которые позволят продлить дальнейшую эксплуатацию здания.

Для того чтобы установить причины повышенных вертикальных деформаций и кренов здания, которые привели к изменению несущей способности конструкций и появлению трещин в ограждающих стенах, необходимо:

- провести визуальное обследование несущих конструкций на предмет наличия и характера развития трещин и деформаций;
- изучить инженерно-геологические условия строительной площадки;
- выполнить анализ изменения несущей способности свайного фундамента многоэтажного здания;
- получить информацию о тенденции развития деформаций здания и динамики их развития во времени приборами системы «МОНИТОРИНГ».

**Основной материал и результаты.** Для оценки характера развития этих трещин выполнено визуальное обследование объекта. При обследовании территории возле здания выявлено проседание и разрушение отмостки, несоответствие качества грунтовой подушки паркинга проектному решению, а местами ее отсутствие. Также зафиксировано нарушение целостности стыков примыкания металлических рам лифта к проему (рис. 1), развитие трещин, перекосы входных и балконных дверей, перекосы оконных проемов (рис. 2 – 5), вызывающие затрудненное их открывание. При осмотре основное внимание уделялось лестничным клеткам (рис. 6), лифтовым шахтам и паркингу. Характерным для этих узлов является раскрытие трещин до 2 мм (рис. 3). Вид трещин на колоннах паркинга указывает на то, что на них воздействует значительная горизонтальная нагрузка.



*Рисунок 1 – Вход в лифт*



*Рисунок 2 – Трещина на несущей стене*



*Рисунок 3 – Раскрытие трещин на стене в паркинге*



*Рисунок 4 – Нарушение целостности гипсокартонной облицовки наружной стены*



*Рисунок 5 – Раскрытие трещин по стене и по швам облицовочной плитки на балконе*



*Рисунок 6 – Раскрытие трещин со смятием штукатурки по наружной стене лестничной клетки*

В геологическом отношении площадка строительства характеризуется толщиной грунтов лессового комплекса, имеющего мощность 26 – 27 м. Величина просадочной толщи 21,1 – 24,7 м, суммарная величина просадки при природном давлении по ИГЭ-3 – 7 составляет 64,3 см.

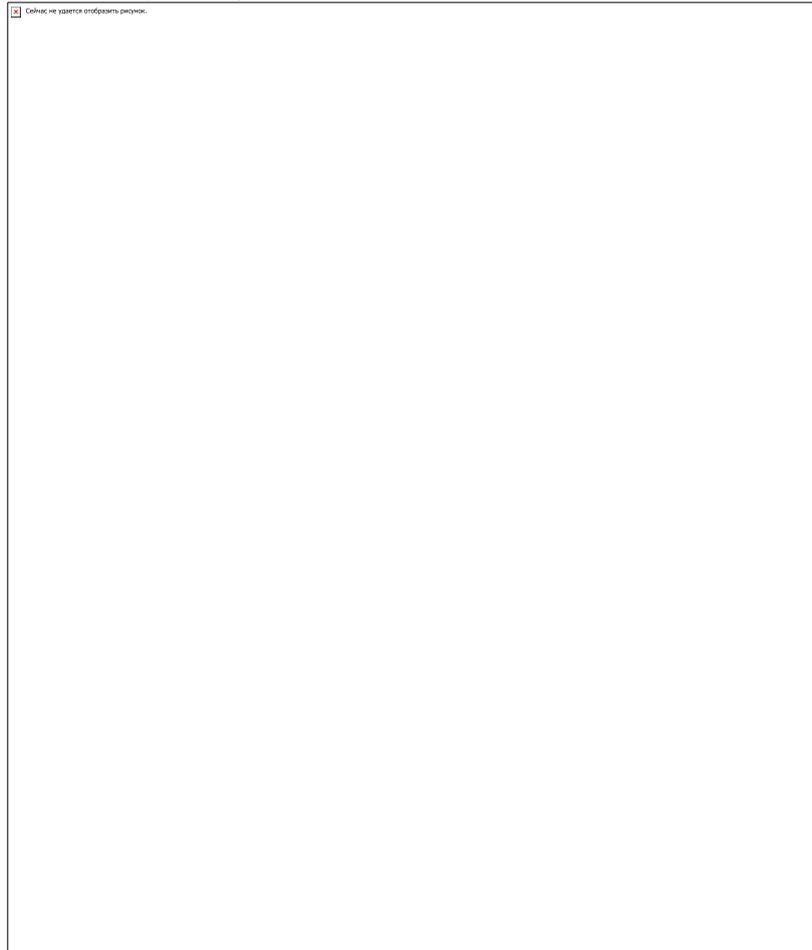
На рис. 7 видно, что геологический разрез площадки до глубины 39,0 м представлен лессовым комплексом (слои 3 – 9), подстилаемым на глубине 29,1 – 37,3 м (абс. отм. 74,0 – 58,2 м) неогеновыми кварцевыми песками (слой 10), залегающими на скальных грунтах. С поверхности лессовые отложения перекрыты насыпными грунтами (слой 1) и локально – почвенно-растительным слоем (слой 2).

Водовмещающими являются среднечетвертичные лессовые супеси днепровского горизонта – слой 8 ( $K_{\phi} = 0,4$  м/сут), пески неогеновые слоя 10 ( $K_{\phi} = 6,06$  м/сут) и трещиноватые граниты. Разгрузка горизонта происходит в р. Днепр.

В процессе эксплуатации здания показатели физико-механических свойств лессовых грунтов ИГЭ-3, 5 изменились в результате имевших место утечек произошли просадочные деформации, увеличилась плотность грунта, уменьшилась пористость.

Так как замачивание сверху за счет утечек из водонесущих коммуникаций и неорганизованного поверхностного стока носит временный и не привязанный к какому-либо четкому месту характер, просадочные деформации также проявляются незакономерно и в контуре здания могут изменяться не только в зависимости от мощности слоя и дополнительной нагрузки, но и от продолжительности замачивания. Выполненные исследования показали, что, несмотря на уже имевшие место просадочные деформации, супеси лессовые ИГЭ-3, 5 сохранили свои специфические просадочные свойства. Но могут при дополнительном водонасыщении вновь их проявить, правда, в несколько меньшем количественном выражении.

Лессовые суглинки ИГЭ-6 по величине относительной просадочности и коэффициенту пористости являются слабо просадочными. Нормативное начальное просадочное давление составляет 180 кПа. Мощность грунтов ИГЭ-6 в основании здания изменяется от 0,8 до 3,0 м.



*Рисунок 7 – Инженерно-геологический разрез*

Лессовые супеси ИГЭ-7 по величине относительной просадочности и коэффициенту пористости также классифицируются как слабопросадочные. Мощность грунтов ИГЭ-7 равна 4,5 м.

Лессовые супеси ИГЭ-8 проявляют просадочные свойства до глубины 26,0 – 27,0 м, глубже они непросадочные. Лессовые супеси ИГЭ-8 относятся по классификации В. И. Крутова к «условно просадочным» [1]. Величина относительной просадочности при природном давлении составляет 0,005 – 0,019, начальное просадочное давление изменяется в диапазоне от 183 кПа до 580 кПа при нормативном значении 447 кПа.

Территория относится ко второму типу грунтовых условий по просадочности, по геолого-гидрогеологическим условиям к IV типу по потенциальной подтопляемости. Прогнозный подъем уровня грунтовых вод за 15-летний срок составит 0,7 – 1,0 м.

За период 1974 – 2004 гг. наблюдался подъем уровня грунтовых вод с весьма незначительной скоростью: вначале застройки прилегающей территории она составляла 0,19 м/год, в настоящее время скорость подъема снизилась до 0,05 м/год. При сохранении существующей дополнительной инфильтрации прогнозное положение уровня грунтовых вод оценочно к 2029 г. будет находиться на глубине 28,0 м.

Дополнительное замачивание лессовых грунтов ИГЭ-3, 8 приводит к проявлению просадочных свойств. Наиболее резко изменяются характеристики грунтов ИГЭ-3, 4, 7: при водонасыщении консистенция ухудшается до текучей, модуль общей деформации, соответственно, снижается в 3,5; 4,5 и 2,75 раза.

В результате выполненных инженерно-геологических изысканий установлено, что в основании 24-метровых буронабивных свай должны залегать лессовые супеси (ИГЭ-8), имеющие просадочные свойства.

Также необходимо обратить внимание на границы между слоями ИГЭ-5 и 6, ИГЭ-6 и 7, ИГЭ-7 и 8, которые отображены неправильно. На рис. 7 ровной линией указаны правильные границы слоев. Эта «неточность» границ между слоями позволила проектировщикам опереть нижние концы свай на ИГЭ-8. ДБН [2] (раніше п. 4.7 СНиПа 2.02.03-85) обязывает заглубить сваи в грунт, не менее чем на диаметр уширения сваи (1,4 м), но не менее чем на 2 м. По технологии изготовления буровых свай под их уширением устраивается выемка на глубину 1,2 м (рис. 7). Исходя из этого, становится понятно, что конструкцию уширения сваи в слое ИГЭ-8 выполнить совершенно нереально таким образом, как показано на разрезе (рис. 7). Это указывает на то, что на самом деле неизвестно, на какой слой опирается свая. Можно предположить, что часть свай опирается на ИГЭ-9, что и является одной из причин неравномерных деформаций и приводит к таким последствиям (рис. 1 – 6).

Сравнение результатов расчета несущей способности свай показало, что при увеличении влажности несущая способность свай уменьшилась в 3,5 раза.

Следует также учесть, что в свайных фундаментах в работу включается большой массив грунта, а локальное увлажнение может провоцировать развитие отрицательного трения. Это приводит к неравномерным осадкам и деформациям конструкций жилого дома.

**Выводы.** В сложных инженерно-геологических условиях проектирование, строительство и эксплуатация здания должно осуществляться с учетом всех факторов, влияющих на деформации грунтового основания: мощности и состояния грунтов, нагрузок на природном склоне и их изменения, взаимодействия примыкающих секций.

1. При эксплуатации здания вследствие периодического замачивания сверху из-за утечек из водонесущих коммуникаций изменилась влажность и проявились специфические просадочные свойства лессовых грунтов. Это приводит к появлению отрицательной силы трения по боковой поверхности свай в пределах просадочной воронки и является серьезным геологическим фактором к возникновению деформаций основания, не исследованного в достаточной мере.

2. Одной из причин неравномерных деформаций может быть перепад рельефа по склону 6 м (рис. 7), который приводит к снижению дополнительного давления на

основание свайного фундамента, т.к. природное вертикальное давление на уровне нижних концов свай отличается на 100 – 110 кПа.

3. Очевидно, что статические испытания свай и назначения расчетных нагрузок на них в сложных геологических условиях не являются основным критерием при проектировании. Определяющим и основным следует считать деформации основания и их абсолютные значения в сопоставлении с допускаемыми, для фактически реализованной конструктивной схемы здания.

4. Неточно указанные в изысканиях границы слоев от 5 по 7 привели к ошибке в выборе длины сваи.

5. Так как лессовые супеси ИГЭ-8 способны проявлять просадочные свойства от замачивания, то при водонасыщении снижаются показатели деформационных свойств (модуль общей деформации уменьшается в 1,36 раза), изменяется консистенция до пластичной (показатель текучести 0,92). Согласно требованиям ДБН [2] – такие грунты не рекомендуется использовать основанием для свайных фундаментов!

На основании проведенных исследований можно выделить следующие рекомендации и перспективы дальнейших исследований в данном направлении:

1. Провести ревизию всех водонесущих сетей, расположенных вблизи дома, обеспечить отвод талых и ливневых вод с участка, предотвратить попадание их в грунты основания жилого дома.

2. В конкретной ситуации вариантом стабилизации состояния может быть усиление основания, сложенного лессовыми грунтами ИГЭ-8, 9 методом силикатизации [3], высоконапорной инъекции цементными растворами [4], устройство защитных экранов для предотвращения замачивания и тампонаж обратной засыпки.

#### *Литература*

1. Основания, фундаменты и подземные сооружения / М.И. Горбунов-Посадов, В.А. Ильичев, В.И. Крутов и др. – М.: Стройиздат, 1985. – 480 с.

2. ДБН В.2.1-10-09. Основи і фундаменти будівель та споруд. Зміна №1. – К., 2011. – 51 с.

3. Седин, В.Л. Использование метода силикатизации в обводненных грунтах / В.Л. Седин, Н.И. Руденко, Е.М. Бикус // Строительство, материаловедение, машиностроение: сб. науч. трудов. – Вып. №56. – Д.: ПГАСА, 2010. – С. 471 – 476.

4. Головки, С.И. Опыт диагностики и усиления оснований зданий методом высоконапорной инъекции / С.И. Головки // Строительство, материаловедение, машиностроение: сб. научн. трудов. – Вып. 35, ч. 1. – Д.: ПГАСА, 2005. – С. 148 – 155.

*Надійшла до редакції 18.09.2012*  
© В.Л. Седин, В.И. Крысан, Е.М. Бикус