

*А.С. Головко, к.т.н., старший научный сотрудник
ГВУЗ «Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры»*

НАТУРНЫЕ НАБЛЮДЕНИЯ И ОПЫТ УСИЛЕНИЯ ВЫСОТНЫХ СООРУЖЕНИЙ С КРУГЛЫМИ ФУНДАМЕНТАМИ ОБОЙМОЙ ИЗ УПРОЧНЕННОГО ГРУНТА

Приведены результаты длительных наблюдений за кренами внецентренно нагруженного фундамента водонапорной башни с круглой формой подошвы. На основании анализа результатов установлены закономерности развития кренов во времени и разработаны проектные решения по выравниванию и укреплению основания кольцевой обоймой из упрочненного грунта методом цементации под высоким давлением.

Ключевые слова: осадка, крен, круглые фундаменты, усиление основания.

*О.С. Головко, к.т.н., старший науковий співробітник
ДВНЗ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»*

НАТУРНІ СПОСТЕРЕЖЕННЯ І ДОСВІД ПОСИЛЕННЯ ВИСОТНИХ СПОРУД ІЗ КРУГЛИМИ ФУНДАМЕНТАМИ ОБОЙМОЮ ЗІ ЗМІЦНЕНОГО ГРУНТУ

Наведено результати тривалих спостережень за креном позацентрово навантаженого фундаменту водонапірної башти з круглою формою подошви. На підставі аналізу результатів встановлено закономірності розвитку кренів у часі й розроблено проектні рішення щодо вирівнювання та зміцнення основи кільцевою обоймою зі зміцненого ґрунту методом цементації під високим тиском.

Ключові слова: осадка, крен, круглі фундаменти, посилення основи.

*A. Golovko, PhD, Senior Research Fellow
SHEI « Prydniprovs'ka State Academy of Civil Engineering and Architecture »*

FIELD OBSERVATIONS AND EXPERIENCE GAIN ALTITUDE STRUCTURES WITH CIRCULAR FOUNDATIONS CLIP OF REINFORCED SOIL

The article presents the results of long-term observations of precipitation and rolls eccentrically loaded foundation water tower with an upstream center of gravity with the round shape of the sole. Based on the analysis of the results established patterns of development banks in time and developed design solutions for alignment and strengthening of the laminate base ring clip of reinforced soil by grouting under high pressure.

Keywords: sediment, roll, round foundations, strengthening the base.

Введение. Эксплуатационная надежность зданий и сооружений зачастую определяется отклонениями от вертикали (кренами), которые имеют тенденцию длительного развития. Величины кренов и их интенсивность зависят как от действующих нагрузок, так и от геологического строения основания, что необходимо учитывать при проектировании. Важным фактором корректировки и уточнения отдельных положений действующих норм является накопление материалов по длительным наблюдениям за сооружениями с внецентренно нагруженными фундаментами и результатов практических работ по их выравниванию и стабилизации.

Обзор последних источников исследований и публикаций. Проектирование и эксплуатация жестких сооружений с кольцевыми фундаментами связаны с необходимостью обеспечения их стабильного положения на расчетный период эксплуатации. Абсолютные осадки сооружений имеют достаточно высокие допуски, однако основные ограничения на нормальную эксплуатацию вводятся по кренам. Их прогноз как по абсолютной величине, так и по закономерностям развития во времени имеет определяющее значение. В настоящий момент существует проблема уточнения и совершенствования расчетных моделей на основании накопленного опыта наблюдений за объектами в различных инженерно-геологических условиях [1, 2, 5], либо в случае возникновения кренов, превышающих допуски, разработка методов их стабилизации или уменьшения [4].

Выделение не решенных ранее частей общей проблемы. Приведенные результаты наблюдения за развитием кренов высотных сооружений с круглой формой подошвы фундаментов, а также анализ развития осадок и кренов, основанные на длительных наблюдениях, позволяют провести корректировку расчетных положений и использовать полученные экспериментальные результаты для проектирования объектов с учетом особенностей строения оснований. Важным принципом уменьшения кренов круглых фундаментов является устройство кольцевых обойм из упрочненного грунта методом инъекции и созданием слоистого основания с более высокими механическими характеристиками в верхней напряженной зоне основания.

Основной материал и результаты. Площадка размещения сооружения водонапорной башни расположена в г. Мена Черниговской области.

Водонапорная башня высотой 36 м и емкостью стального бака 300 м³ построена в 1991 г. Ствол башни – цилиндрический, сложен из силикатного кирпича, постепенно сужается к верху. Диаметр ствола внизу составляет 5,32 м. Стальной бак установлен на железобетонный оголовок ствола башни. По результатам рекогносцировочного обследования по стволу башни в нижней части были отмечены волосяные вертикальные трещины по вертикальным и горизонтальным швам кирпичной кладки.

Фундамент башни плитный из монолитного железобетона, круглый диаметром 10 м, с консолями. В период сезонного подъема уровня грунтовых вод в подвальных помещениях появлялись влага.

Стационарные наблюдения были начаты с 1994 г., в связи с выявлением явно видимого отклонения от вертикали. На момент первых наблюдений крен составил 10 см. В ноябре 2002 года отклонение ствола башни от вертикали достигло 37 см с общей тенденцией постоянного нарастания во времени. Средняя скорость отклонения находилась на уровне 4,5 – 10,2 мм/год. Согласно ГОСТ 24846-81, деформации являлись не стабилизовавшимися, поскольку основным критерием является деформация до 1,0 мм/год. Фактический крен ствола на момент последних измерений составил 0,0102 д. ед. и превысил допускаемое значение, составляющее 0,004 д. ед., согласно приложению норм [3] в 2,56 раза.

На основании анализа материалов наблюдений различных организаций и по стационарному отвесу, установленному по центру башни, построенный график

«время – крен» свидетельствовал о развитии крена сооружения (рис. 1). Аппроксимация графической зависимости «время – крен» приведена на рис.1. По прогнозу, к 2006 году крен мог достичь величины 42 см.

На основании расчета башни было установлено, что для ствола из силикатного кирпича при фактической прочности материалов критический крен составляет 45 см. При достижении данной величины в силу увеличения моментных нагрузок по расчету скорость крена неизбежно возрастала. Наиболее оптимальным временем устранения крена и усиления фундаментов с восстановлением эксплуатационной пригодности сооружения являлся 2003 – 2004 гг.

Для уточнения геологического строения и характеристик грунтового основания в период с января по май 2003 года были пробурены 2 технические скважины глубиной 12,0 и 16,0 п.м., произведено опробование выделенных геологических слоев, получены показатели физико-механических свойств грунтов и выполнены расчеты по двум предельным состояниям: по деформациям основания и по несущей способности основания.

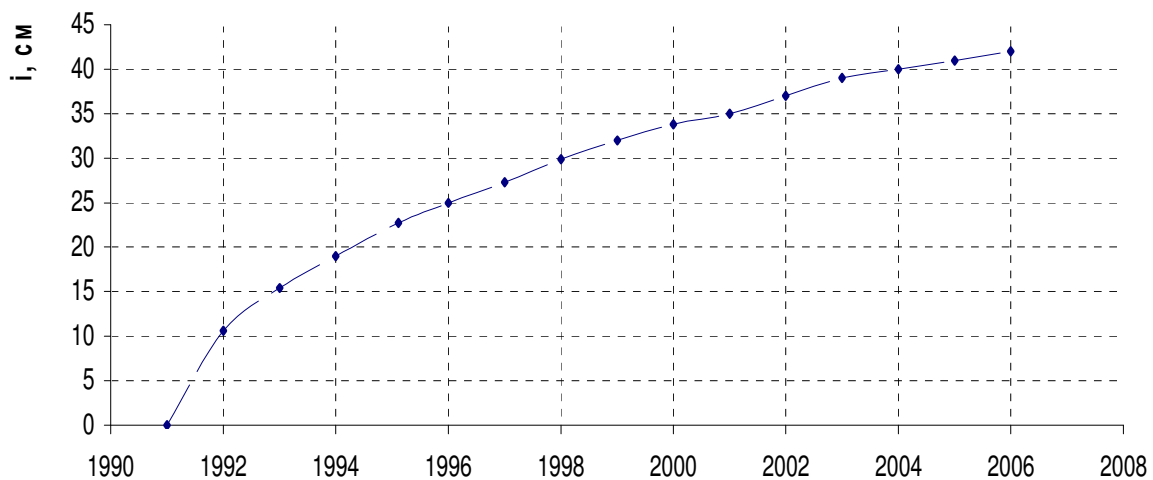


Рис. 1. График зависимости «крен – время»

По выполненным расчетам площадь фундамента являлась достаточной для восприятия нагрузки от водонапорной башни и передачи ее на естественное грунтовое основание; расчетное сопротивление грунта с учетом краевых напряжений находилось на предельном уровне при увеличении крена с фактической скоростью.

Геологическое строение площадки по материалам инженерно-геологических изысканий «Черниговоградпроекта» на разведанную бурением глубину 16,0 м представлено:

– олово-делювиальными лессовыми супесями палево-желтыми; в интервале глубин 1,0 – 1,8 м твердыми, высокопористыми, просадочными при водонасыщении (ИГЭ 2), глубже – пластичными, низкопористыми, непросадочными (ИГЭ 3). Мощность лессовых супесей составляет 5,7 м;

– делювиальными супесями голубовато-серыми, пластичными мощностью 4,7 м (ИГЭ 4);

– делювиальными суглинками (ИГЭ 5) мягкопластичными с включением органических остатков мощностью 2,6 м;

– аллювиальными песками пылеватыми, водонасыщенными, средней плотности сложения (ИГЭ 6) вскрытой мощностью 1,2 м.

Гидрогеологические условия представлены одним безнапорным водоносным горизонтом, установившийся уровень которого по состоянию на 17.01.2003 был зафиксирован на глубине 2,5 м, а на декабрь 2003 г. – на глубине 1,4 м от поверхности. Водовмещающими являются супеси, суглинки и пески ИГЭ 3 – 6. Питание осуществляется за счет инфильтрации атмосферных осадков и утечек из водонесущих коммуникаций. Разгрузка происходит в р. Десну.

Для ликвидации сложившегося критического состояния сооружения было принято решение выполнить стабилизацию крена, выравнивание сооружения с последующим усилением основания.

Для конкретных геологических и гидрогеологических условий и характеристик грунтов работы были запроектированы и проведены в три этапа (см. рис. 2), в частности:

- на первом этапе выполнено основание методом цементации грунтов под высоким давлением по кромке кольца (см. рис. 2, а) со стороны развития крена для стабилизации осадок данной части. Были пробурены скважины с шагом 600 мм по периметру в пределах выделенного сектора, ограниченного 120°, и выполнено закрепление массива с отметки -8,500 м до отметки -3,000 м;

- на втором этапе (см. рис. 2, б) со стороны, противоположной крену, выполнена траншея для размещения бурового оборудования и произведено выбурирования грунта горизонтальными скважинами различных диаметров по технологии Запорожского отделения НИИСК. При работе ниже уровня подземных вод применялся поверхностный водоотлив. Во время производства работ велся постоянный контроль за положением ствола. Выбуривание под контролем выполнено до момента, когда башня заняла вертикальное положение;

- на третьем этапе (см. рис. 2, в) была проведена засыпка траншеи с послойным уплотнением. После ликвидации траншеи выполнена цементация грунтов высоким давлением с созданием замкнутого кольца из упрочненного грунта по контуру фундамента водонапорной башни. На первом этапе выполнена цементация верхней – активной зоны фундаментов с максимальным контролем зоны цементации остатков горизонтальных скважин выбурирования и выдержкой скважин до начала схватывания цементного камня. При производстве работ выполнялось от 3 до 4 скважин. При последующем производстве работ выполнялось разбуривание закрепленного грунта верхней зоны до проектной отметки (-8,500 м) с последующей цементацией массива. Нагнетание цементного раствора выполнено поинтервально по технологии «снизу – вверх» с подъемом иньектора на высоту 1,0 – 1,25 на каждом этапе нагнетания. В отдельных случаях в устье скважины применялись пакера;

- при выполнении работ проводился постоянный контроль за вертикальностью положения водонапорной башни.

После осуществления работ по выравниванию и усилению фундаментов в 2004 – 2012 гг. проведены контрольные наблюдения, которые показали стабильность положения сооружения. После выполнения работ осадки не превысили 5 мм, отклонений ствола от вертикали не зафиксировано. Водонапорная башня эксплуатируется в нормальном режиме при полном заполнении. Здесь важно отметить, что в рабочем режиме на основание передается циклическая нагрузка при заполнении и в случае расхода воды (полная разгрузка).

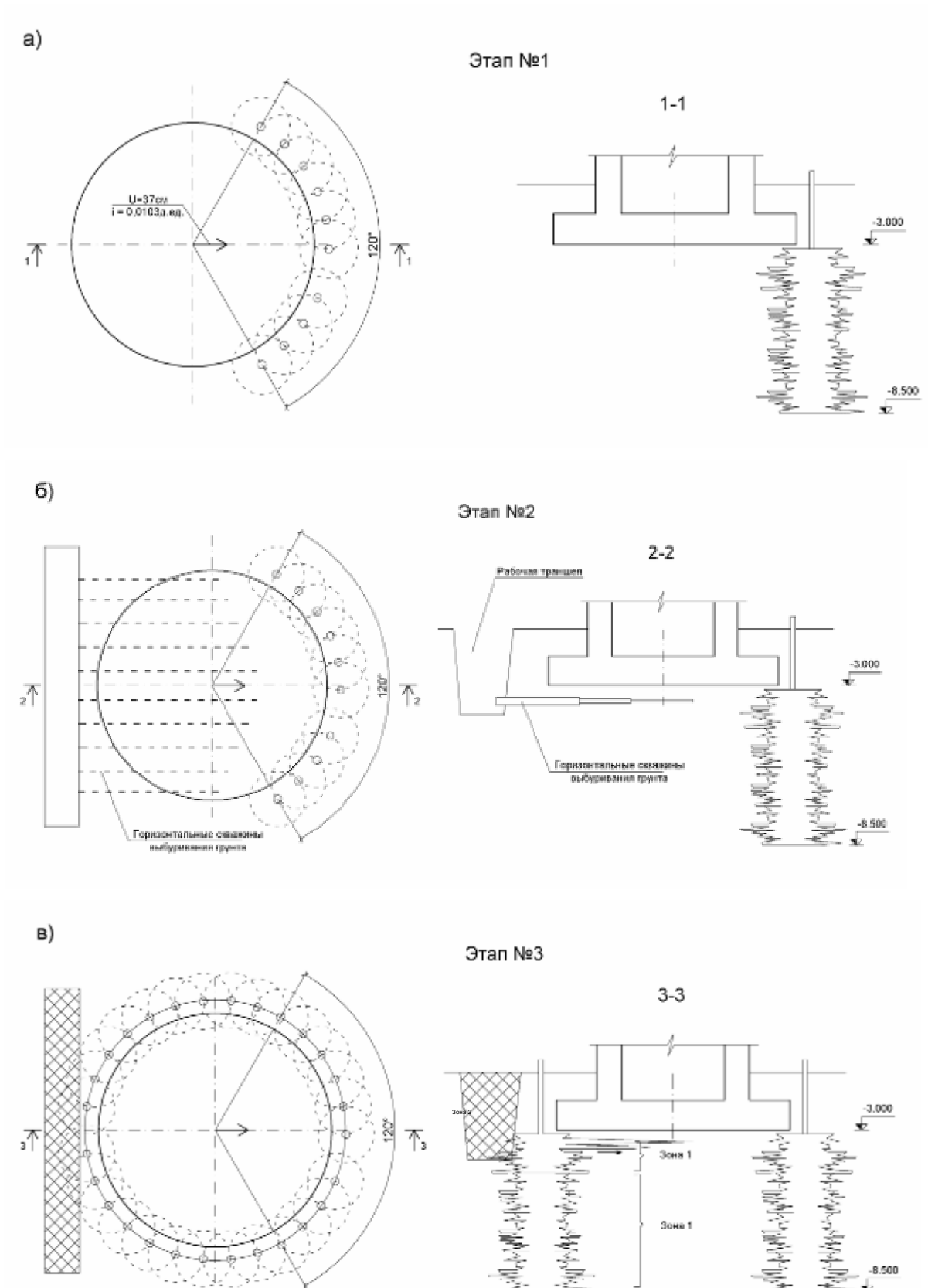


Рис. 2. Схемы выполнения работ по выравниванию и усилению основания водонапорной башни кольцевой обоймой

Выводы:

1. Выполненные длительные наблюдения за осадками внецентренно нагруженных фундаментов выявили общие закономерности в развитии длительных осадок и кренов слоистых грунтовых оснований, сложенных пылевато-глинистыми водонасыщенными грунтами с различными характеристиками прочности и деформируемости.

2. Для случая циклической нагрузки нарастание кренов фундаментов может носить длительный характер, причем существует критическое время, после превышения которого скорость кренов может возрасти и привести к аварийной ситуации.

3. Крены фундаментов для периода эксплуатации могут быть значительно уменьшены за счет создания вокруг них кольцевой обоймы из упрочненного грунта, причем данное мероприятие весьма эффективно в части стабилизации кренов во времени. При усилении основания могут быть выполнены работы по выравниванию внецентренно нагруженных сооружений, что в совокупности с усилением основания дает высокий эффект.

4. Необходимо продолжить экспериментальные исследования и натурные наблюдения в других геологических условиях фундаментов различной формы с целью получения для нормативных документов необходимых данных и корректировки положений по расчету кренов как на однородных, так и слоистых основаниях.

Литература

1. *Механика грунтов, основания и фундаменты.* – Ухов С.Б. и др. – М.: Изд. АСВ, 1994. – 527 с.
2. *ГОСТ 24846-81. Грунты. Методы измерений деформаций оснований зданий и сооружений.* – 30 с.
3. *ДБН В.2.1-10-2009. Основи та фундаменти споруд.* – К.: Мінрегіонбуд України, 2009. – 116 с.
4. *Методические рекомендации по проектированию и ведению работ при усилении оснований, фундаментов и несущих конструкций существующих зданий и сооружений инъекционными методами.* – М.: А/ОБ «Восстановление», 1997. – 29 с.
5. *Шаповал В.Г. Прогноз процессов уплотнения находящихся под воздействием циклической и постоянной во времени нагрузки пылевато-глинистых оснований / В.Г. Шаповал.* – Днепропетровск: Пороги, 1996. – 52 с.
6. *Горбунов-Посадов М.И. Расчет конструкций на упругом основании / М.И. Горбунов-Посадов, Т.А. Маликова, В.И. Соломин.* – 3-е изд. – М.: Стройиздат 1984. – 679 с.

Надійшла до редакції 11.12.2014

© О.С.Головка