

N1, 1999

Инструментальный геотехнический мониторинг при реконструкции городов

Вязменский А.М.

В настоящее время с каждым годом увеличивается число реализуемых проектов сложной реконструкции в пределах исторических центров европейских городов. Как правило, такие проекты предусматривают проведение работ в стесненных условиях, в окружении строений, представляющих историческую ценность. Согласно европейской классификации (Eurocode 7 Geotechnics) подобное строительство относится к III наиболее сложной геотехнической категории и требует геотехнического сопровождения на всех стадиях строительства, особенно при ведении работ нулевого цикла. Главной целью геотехнического сопровождения является обеспечение выполнения проекта в установленные сроки при минимизации влияния производства работ на окружающую застройку за счет выбора и применения щадящих технологий ведения работ и осуществления постоянного инструментального мониторинга по ходу их ведения.

Комплексный инструментальный геотехнический мониторинг должен включать:

- контроль за осадками и кренами зданий входящих в зону влияния работ;
- контроль за поведением массива грунта в основании зданий при помощи поверхностных геодезических марок, глубинных марок (экстензиметров) и инклинометров;
- контроль за уровнем грунтовых вод и поровым давлением с помощью режимных скважин и пьезометров;
- контроль за параметрами колебаний грунта и конструкций, входящих в зону влияния работ;
- контроль за состоянием конструкций зданий, входящих в зону влияния работ, с помощью маяков и щелемеров, установленных на осадочных швах, существующих трещинах.

Указанная конфигурация может варьироваться, исходя из особенностей конкретной строительной площадки.

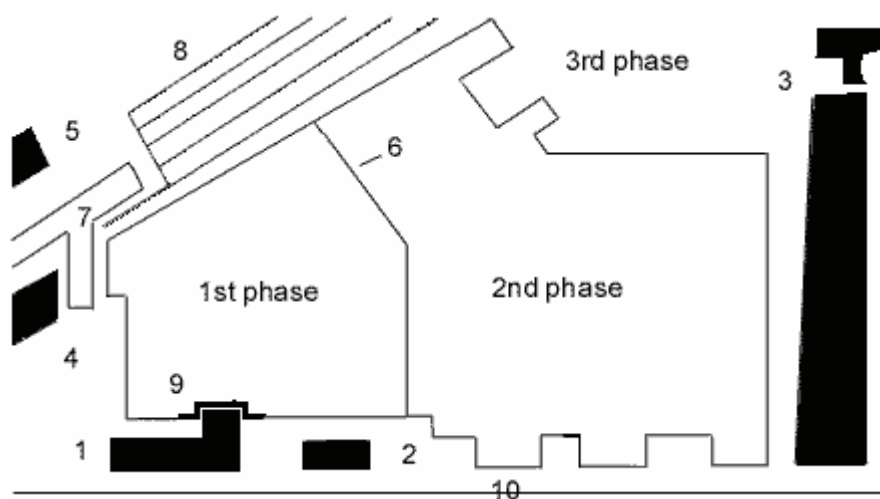
Случаи применения комплексного инструментального мониторинга при строительстве, оцениваемом высшей категорией сложности, к сожалению, являются единичными в отечественной практике. Одним из последних проектов с применением комплексного геотехнического мониторинга является строительство подземного торгового комплекса на Манежной площади в Москве. Комплексный инструментальный мониторинг требует финансовых вложений, но они полностью окупаются за счет безаварийного строительства. Экономия на таком мониторинге при строительстве особо сложных объектов или его применение в усеченном виде, ограниченном одними лишь геодезическими наблюдениями за осадками прилегающих к площадке строительства зданий, в ряде случаев, приводило к аварийным ситуациям и вело к значительным финансовым потерям.

В Санкт-Петербурге применение комплексного инструментального мониторинга является особенно актуальным. Наш город является самым крупным европейским центром, еще не затронутым массовой реконструкцией. Обходя вниманием объективные причины исторического плана, следует остановиться на сложностях технического характера, связанных с ветхостью застройки центральной части города и особыми инженерно-геологическими условиями. Для центральной части города характерно наличие мощной толщи слабых

глинистых отложений текучепластичной консистенции, подстилающих незначительный по мощности слой песков разной крупности, служащий основанием исторической застройки; прочные грунты ледникового генезиса залегают с глубины 22-25 м. В связи с этим практически любая комплексная реконструкция в центральной части города относится к высшей (III) категории сложности по геотехнической классификации. В свою очередь, это требует применение полного геотехнического сопровождения, включающего комплексный геотехнический мониторинг.

Рассмотрим опыт комплексной реконструкции городской застройки в центральной части Петербурга на примере строительства транспортно-коммерческого комплекса. В настоящее время это один из крупнейших проектов реконструкции городского пространства в центре Петербурга. Необходимо отметить, что проект разрабатывался английскими проектировщиками, экспертиза проекта с участием петербургских геотехников не производилась.

Данный проект предусматривает возведение на месте квартала старой малоэтажной городской застройки комплекса из одиннадцати зданий различной этажности, высотой до 37 м, на монолитной фундаментной плите по 26-метровым буронабивным сваям, с общими подземными объемами с заглублением до 7 м. Строительство терминала разделено на три фазы (Рис.1). Здания на территории первой фазы предназначены для размещения офисов, второй - представляют собой гостиничный комплекс, третьей – вокзал высокоскоростной железной дороги. Площадка строительства с южной стороны ограничена кварталом жилой застройки, с северной - комплексом зданий старого вокзала, с восточной - железнодорожными платформами и с западной - проезжей частью и двумя полуразобранными зданиями, которые предполагалось включить в состав строящегося комплекса. В зону влияния работ попадали – протяженное семиэтажное жилое здание, расположенное в 9-15 метровом удалении от строительной площадки, постройки начала 20 века, пяти и двухэтажные здания старого вокзала, расположенные на расстоянии 17-40 м, постройки начала 20 и середины 19 века, а также подземные пешеходные тоннели в районе вокзальных зданий, железнодорожные платформы примыкающие к площадке и магистральный газопровод, расположенный на глубине 6 м посередине проезжей части Лиговского пр.



Согласно результатам инженерно-геологических изысканий площадка имеет напластование, достаточно характерное для центральной части города. Под техногенным слоем с отметкой кровли около +8,5 м БС и мощностью 1...3 м находятся послеледниковые отложения, представленные, в основном, песками различной крупности. Ниже до отметки - 6...-8,5 м БС залегают озерно-ледниковые слоистые и ленточные суглинки текучей и текучепластичной консистенции, подстилаемые супесями и суглинками лужской морены с отметкой кровли - 22,1...-22,3 м БС. Максимальный уровень грунтовых вод со свободной поверхностью может

установиться на отметке не выше +6,0 м БС, т.е. на глубине около 2,5 м от поверхности.

Для обеспечения сохранности окружающей застройки был организован геотехнический мониторинг включавший:

- измерение осадок зданий и сооружений, а также окружающей территории;
- визуальное освидетельствование состояния конструкций;
- контроль параметров колебаний фундаментов охраняемых объектов;
- наблюдение за уровнем грунтовых вод на территории, окружающей строительную площадку.

Нулевой цикл работ проекта включал:

- откопку пионерного котлована до глубины 2 метра;
- устройство ограждающей шпунтовой стенки по периметру котлована длиной 12-14 м;
- изготовление буронабивных свай по технологии проходного шнека СФА \varnothing 620 мм и длиной 26 м;
- откопка котлована до глубины 6 м;
- устройство ростверков, монолитной плиты и монтаж конструкций подземных этажей.

В период с февраля по сентябрь 1999 года (время приостановки строительства в связи с финансовым кризисом в России) была произведена откопка пионерного котлована в пределах двух фаз строительства, выполнена ограждающая шпунтовая стенка, изготовлено порядка 2000 свай по технологии СФА и произведена откопка котлована до 6 метров в пределах первой фазы.

В ходе откопки пионерного котлована и вибропогружения шпунта какого-либо влияния на территорию окружающую площадку не отмечалось. В дальнейшем существенное влияние на массив грунта, как на самой площадке, так и на прилегающей территории оказало устройство СФА-свай [2]. О чем подробно изложено в статье В.М. Улицкого и А.Г. Шашкина в настоящем издании [3].

Необходимо отметить, что негативное влияние производства работ на массив грунта окружающей территории могло бы быть менее значительным, если бы шпунтовое ограждение прорезало всю толщу слабых грунтов и доводилось до плотных отложений, а его анкерное крепление было бы надежным.

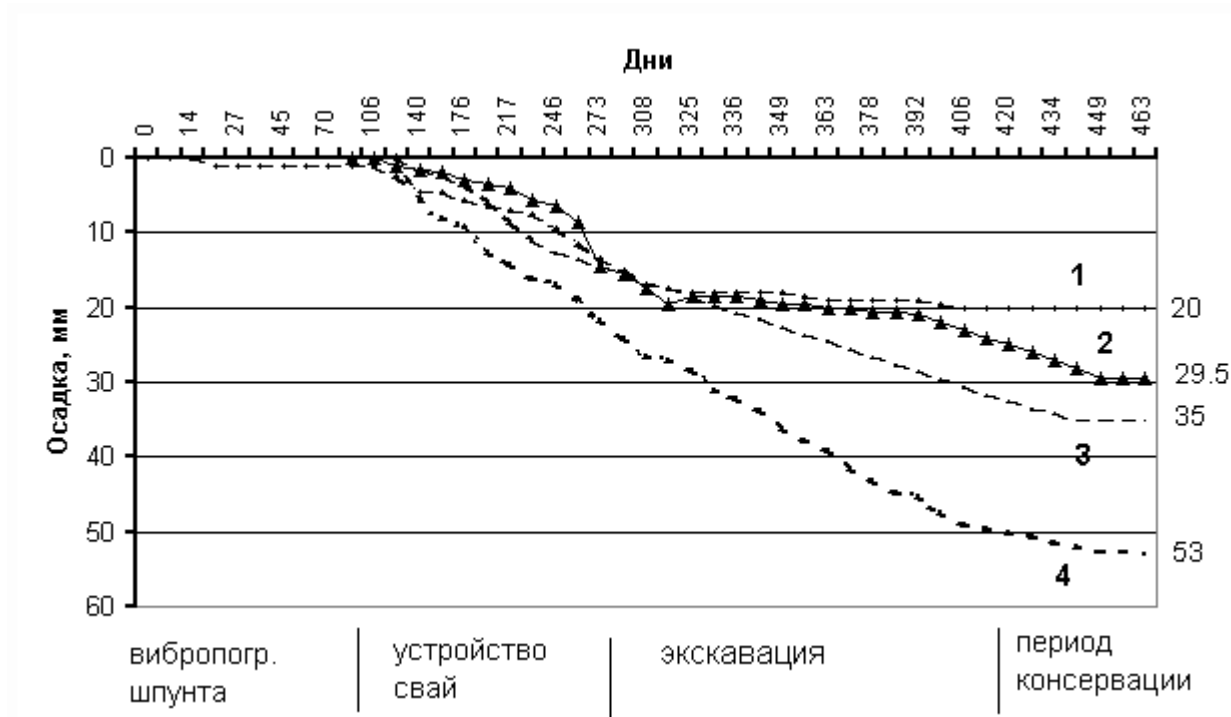


Рис.2. График развития осадок во времени.

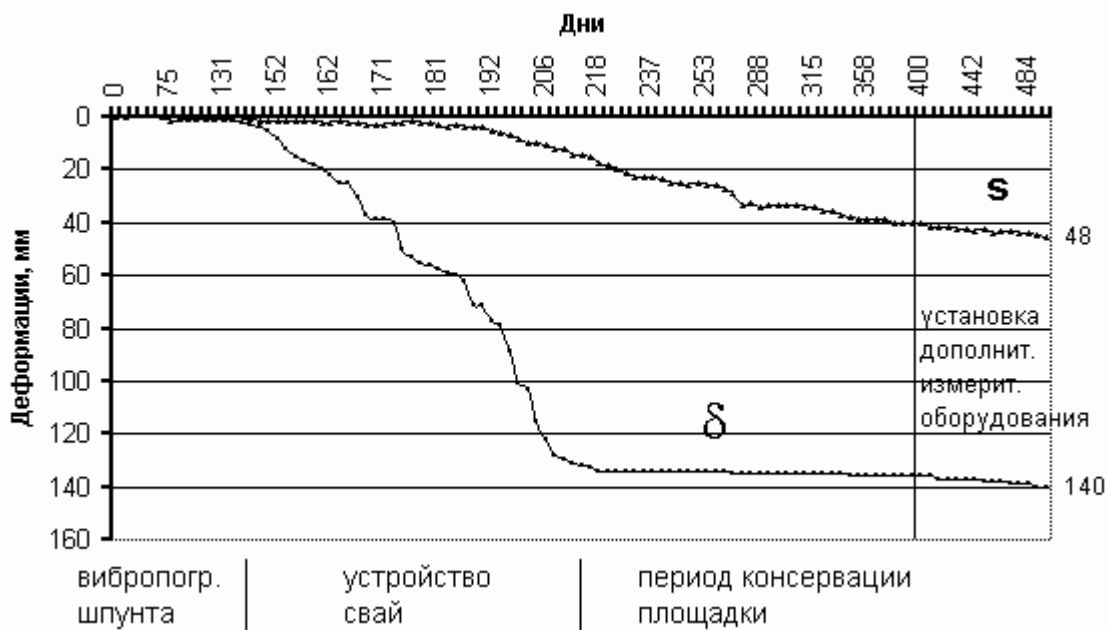
1. административное здание вокзала; 2 – проезжая часть;

3 – железнодорожная платформа; 4 – подземные пешеходные тоннели

Рассмотрим теперь, как производство работ отразилось на окружающей территории. На рис.2 приведены данные наблюдений за осадками административного здания вокзала, проезжей части, железнодорожных платформ и подземных пешеходных тоннелей в период производства работ и после консервации объекта.

Рассмотрим более подробно ситуацию с развитием осадок семиэтажного жилого дома примыкающего к площадке.

После выявления негативного влияния технологии СФА на массив слабых грунтов было принято решение о ее замене в пределах 30 метровой зоны от здания на технологию типа “Bauer” (Рис.3). Данная технология, предусматривающая шнековое бурение под защитой обсадных труб широко апробирована в условиях Санкт-Петербурга и может быть отнесена к разряду щадящих, не оказывающих существенного негативного воздействия на массив грунта. Ограничение применения технологии СФА на площадке позволило сохранить жилой дом, но не исключило развития осадок в связи с расструктурированием значительных масс грунта и как следствие деформациями формоизменения, вызванными подвижки грунта окружающей территории в сторону площадки строительства.

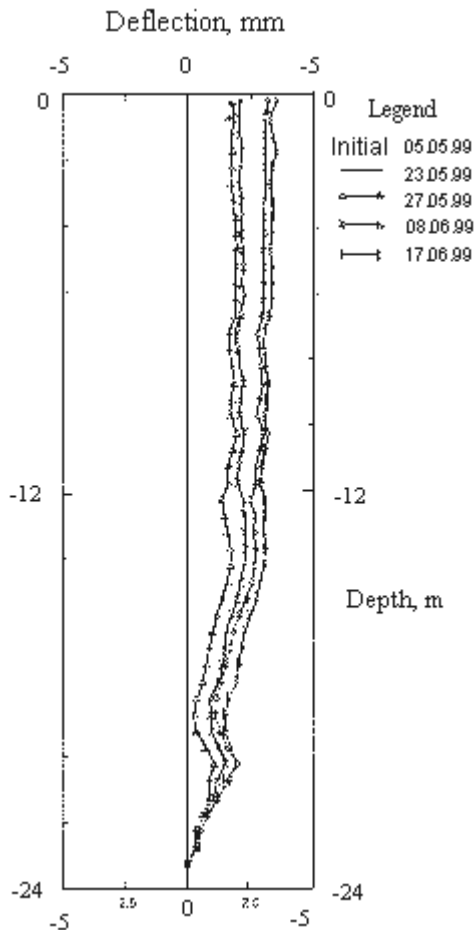


На рис. 4 приведены график развития осадок S здания и смещений δ шпунтовой стенки параллельной зданию.

Из приведенного графика видно, что процесс развития осадок здания начался спустя три недели с момента начала смещений шпунтового ограждения котлована. Следует отметить, что в пределах 60 метров от здания глубина откопки котлована не превышает 2 метров.

В связи с непрекращающимся развитием осадок здания после консервации строительства, были установлены дополнительные измерительные инструменты – инклинометры и экстензиометр, фиксирующие соответственно горизонтальные и вертикальные смещения массива грунта.

На рис. 5 приведены данные показаний о горизонтальных смещениях массива грунта в сторону котлована по одному из инклинометров, расположенному на расстоянии 6 метров от здания.



Как видно из приведенного графика, горизонтальные смещения наблюдались в пределах залегания толщи слабых глинистых грунтов. Суммарные горизонтальные смещения за два месяца наблюдений составили порядка 3 мм, вертикальные смещения до 4 мм также отмечались в слабых глинистых отложениях.

Необходимо отметить, что несмотря на то что данные наблюдения были начаты после приостановки строительных работ, тем не менее, они подтвердили наличие глубинных деформаций в массиве грунта. Установленное оборудование должно сыграть свою роль при возобновлении строительства. Оно позволит оперативно оценивать влияние различных технологий на массив грунта и своевременно вносить коррективы в график производства работ.

Спустя более полугодя после приостановки строительства началось затухание осадок зданий и сооружений, примыкающих к площадке. Это связано со стабилизацией деформаций в массиве слабых глинистых грунтов вследствие тиксотропного восстановления свойств слабых глинистых грунтов с течением времени, что подтверждается результатами статического зондирования [3].

Проведенный опыт сложной реконструкции в Санкт-Петербурге показывает насколько существенным является вопрос о минимизации влияния производства работ на окружающую территорию.

Подобное строительство должно иметь полномасштабное геотехническое сопровождение включающее:

- геотехническое обоснование принятых проектных решений;

- комплексный инструментальный мониторинг на всех стадиях работ нулевого цикла, с возможностью оперативной корректировки графика производства работ;
- адаптацию сложных геотехнологий к местным геологическим условиям на опытных площадках, оснащенных полным комплексом контрольно-измерительного оборудования.

Литература:

1. Ulitsky V., Shashkin A. Geotechnical survey in soft soils for reconstruction purposes/Proceedings of the Fourteenth International Conference Soil Mechanics and Foundation Engineering (Hamburg 1997).
2. Van Impe. Deep Foundations on Bored and Auger Piles/Proceedings of the 2nd International Geotechnical Seminar on Deep Foundation on Bored and Auger Piles (Belgium 1993).
3. Улицкий В.М., Шашкин А.Г. (см. статью в настоящем издании).