

Наумов Антон Сергеевич

**МОНИТОРИНГ ДЕФОРМАЦИЙ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ
ВЕРТИКАЛЬНЫХ СТВОЛОВ ПОДЗЕМНЫХ КОММУНИКАЦИЙ В УСЛОВИЯХ ЗАСТРОЕННЫХ
ТЕРРИТОРИЙ**

Статья посвящена вопросу прогнозирования воздействия подземных сооружений на окружающую среду. Рассмотрена система наблюдений за деформацией земной поверхности при сооружении вертикальной выработки. Выполнен предварительный анализ возможного развития деформационного процесса. Приведено сравнение расчетных и фактических данных. Даны рекомендации по организации деформационного мониторинга.

Адрес статьи: www.gramota.net/materials/1/2012/7/29.html

Статья опубликована в авторской редакции и отражает точку зрения автора(ов) по рассматриваемому вопросу.

Источник

Альманах современной науки и образования

Тамбов: Грамота, 2012. № 7 (62). С. 99-102. ISSN 1993-5552.

Адрес журнала: www.gramota.net/editions/1.html

Содержание данного номера журнала: www.gramota.net/materials/1/2012/7/

© Издательство "Грамота"

Информация о возможности публикации статей в журнале размещена на Интернет сайте издательства: www.gramota.net

Вопросы, связанные с публикациями научных материалов, редакция просит направлять на адрес: almanac@gramota.net

УДК 622; 52-14

Науки о земле

Статья посвящена вопросу прогнозирования воздействия подземных сооружений на окружающую среду. Рассмотрена система наблюдений за деформацией земной поверхности при сооружении вертикальной выработки. Выполнен предварительный анализ возможного развития деформационного процесса. Приведено сравнение расчетных и фактических данных. Даны рекомендации по организации деформационного мониторинга.

Ключевые слова и фразы: массив горных пород; напряженное состояние пород; мониторинг; прочность пород; модель объекта; сдвигание пород; реперы; геодезические приборы.

Антон Сергеевич Наумов

Кафедра маркшейдерского дела

Национальный минерально-сырьевой университет «Горный»

goltyikot@yandex.ru

МОНИТОРИНГ ДЕФОРМАЦИЙ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ВЕРТИКАЛЬНЫХ СТВОЛОВ ПОДЗЕМНЫХ КОММУНИКАЦИЙ В УСЛОВИЯХ ЗАСТРОЕННЫХ ТЕРРИТОРИЙ[©]

Санкт-Петербург как современный мегаполис стремительно развивается за счет строительства различных объектов, в том числе общегородской направленности. При этом все интенсивнее осваивается подземное пространство. Типичными такими примерами выступают подземные паркинги, подземная железная дорога-метрополитен, трубопроводы и подземные коммуникации различного назначения. Строительство указанных объектов необходимо и существенным образом улучшает качество городской среды. Однако с другой стороны возведение объектов в условиях уплотненной застройки накладывает дополнительные требования для обеспечения сохранности и безопасной эксплуатации существующих объектов (зданий и сооружений, в том числе объектов культурного наследия). К сожалению, накопилось довольно много случаев, когда строительство объекта вблизи другого приводило к ущербу или разрушению уже существующего.

Обеспечение безопасных условий эксплуатации зданий и сооружений при строительстве вблизи них других объектов, связано с тщательной предварительной проработкой рассматриваемого вопроса. В современных условиях речь идет об использовании моделирования напряженно-деформированного состояния массива горных пород, подвергающемуся изменению, вследствие строительства. При этом моделирование должно обеспечивать наиболее полную адекватность условиям и технологии строительства.

В данной статье в качестве объекта изучения выбран главный канализационный коллектор Санкт-Петербурга. Данный тип сооружения представляет собой систему тоннелей различного диаметра, камер и вертикальных стволов. Последние в наибольшей степени воздействуют на окружающую среду. Все стволы (см. Табл. 1) находятся в районах с уже застроенными территориями. Присутствие рядом различных гражданских строений (жилые дома, офисы, дороги) и подземных коммуникаций (газопроводы, ливневые канализации) обуславливает необходимость прогнозирования степени вредного влияния строящихся объектов.

В зависимости от типа объекта (здание, сооружение, его размеры и назначение), который подвергается воздействию, существует уровень допустимых деформаций, который он может безущербно выдержать. Так по данным исследований ВНИМИ [2], опасное влияние на существующие объекты выражается в следующих величинах деформаций земной поверхности: наклоны $4 \cdot 10^{-3}$, деформации растяжения $2 \cdot 10^{-3}$ (на интервале 15-20 м). В то же время по рекомендациям по проектированию и устройству оснований и фундаментов при возведении зданий вблизи существующих в условиях плотной застройки в г. Москве осадка зданий, при которой необходима ее защита составляет 8-15 см, а крен здания 0,005 (эти значения уточняются в зависимости от принадлежности тому или иному типу зданий в соответствии со СНиП 2.02.01-83).

Из приведенных значений параметров следует, что главный акцент в первом случае (ВНИМИ) сделан на деформации растяжения, а во втором на осадки. Это продиктовано спецификой и предьсторией делопроизводства. В горном деле подработка земной поверхности при освоении месторождений полезных ископаемых весьма значительна и вызывает большие горизонтальные сдвигания на большой территории. В этой связи важно их определение, например, при оказывании в зоне влияние протяженных сооружений (дорог, трубопроводов и т.д.). При строительстве в городских условиях основное внимание уделялось несущей способности грунтов оснований зданий и сооружений, которое выражается в вертикальных осадках и при их неравномерности возникают крены.

На наш взгляд, в связи с интенсивным освоением подземного пространства, как при строительстве коммуникаций общегородского назначения, так и жилого фонда (высотные дома с подземными ярусами), требуется в целях повышения безопасности изучать как вертикальные, так и горизонтальные составляющие процесса сдвигания грунтового массива.

Табл. 1. Основные параметры объектов наблюдения

Объект	423А	423Н	441/2	439/2
Параметры				
Глубина, м	74	83	53	72
Диаметр ствола, м	7,7	7,7	7,7	7,7
Продолжительность строительства, сут.	62	57	80	52
Геология (мощность, м)	насыпной грунт (6) → водонасыщенные пески (32) → глина твёрдая	насыпной грунт (7) → пески (12) → суглинки (12) → глина	насыпной грунт (3) → супесь (15) → гравий (3) → суглинок с камнями	пески (7) → водонасыщенные супеси (30) → глина твёрдая
Сооружения, расположенные в зоне влияния строительства (расстояние до объекта, м)	жилые здания - 3КЖ, 4 КЖ (15), автодорога (30)		железная дорога (30)	административное здание (35)

Реализация контроля безопасных условий эксплуатации существующих зданий и сооружений при строительстве вблизи них под- наземных объектов должна также предусматривать проведение специальных наблюдений. Для этой цели следует разрабатывать системы деформационного мониторинга за процессом сдвижения как строений, расположенных в зоне влияния подземных работ, так и земной поверхности.

Наблюдения за деформациями проводились на 4 объектах строительства в различных районах города (Выборгская сторона, район р. Охта). Ниже приведем методику и результаты исследований по шахте 423Н, которая является самой глубокой из приведенных. В настоящее время при сооружении вертикальных стволов глубиной более 40 м применяются механизированные стволопроходческие комплексы. Одним из их преимуществ является поддержание уровня давления грунтовых вод, за счёт чего обеспечивается минимальное воздействие на массив и соответственно значительное уменьшение оседаний околоствольного грунтового массива. При проходке рассматриваемых стволов использовался стволопроходческий комплекс фирмы *Herrenknecht*.

С учетом изложенного перед сооружением ствола было выполнено моделирование деформирования земной поверхности и самого ствола в программном комплексе *Plaxis* (упругопластическая модель с критерием прочности Кулона-Мора). Геологическое строение моделируемого массива состоит из насыпного грунта (мощностью 4 м), чередующихся слоёв водонасыщенных супесей и суглинков (мощностью 7 м), а также слоя твёрдой глины, начинающегося на глубине 40 м. Физико-механические характеристики приняты по данным ВНИМИ [1]. Моделирование выполнено с учетом технологии проходки ствола для различных его диаметров. По результатам моделирования составлены графики смещений.

На Рис. 1 приведен график вертикальных смещений. По ним видно, что величина вертикальных оседаний грунтового массива у контура ствола после его проходки составляет 220 мм.

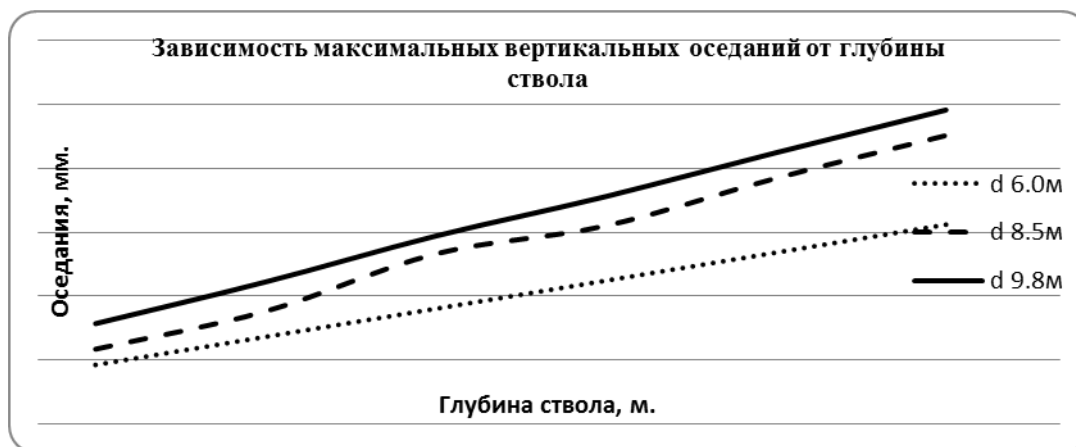


Рис. 1. График развития вертикальных оседаний

При сооружении данного ствола механизированным комплексом, проводились наблюдения за состоянием околоствольного грунтового массива в радиусе 30 метров, а также зданий, находящихся в предполагаемой зоне влияния строительства. Средняя скорость проходки составила около 1,5 м/сутки. В совокупности с

геологическими условиями это создаёт возможность быстрого развития деформационных процессов и, поэтому, возникает необходимость постоянного контроля (мониторинга) за состоянием земной поверхности и зданий.

Мониторинг за деформациями организован следующим образом. Для определения вертикальных деформаций грунтового массива были заложены 2 линии грунтовых реперов (см. Рис. 2). Определения вертикальных и горизонтальных деформаций зданий, расположенных в предполагаемой зоне влияния строительства, использовались стенные реперы и деформационные марки.

Грунтовые реперы представляют собой металлические штыри длиной 1 м забитые в землю на 0,9 м, забетонированные на глубину 0,4 м от поверхности земли. Длина реперов обусловлена тем, что наблюдения проводились только в летний период, соответственно, отсутствует влияние промерзания грунта. Реперы и марки на зданиях располагались с шагом 15 м, в местах примыкания зданий друг к другу, а также на углах сооружений (Рис. 2).

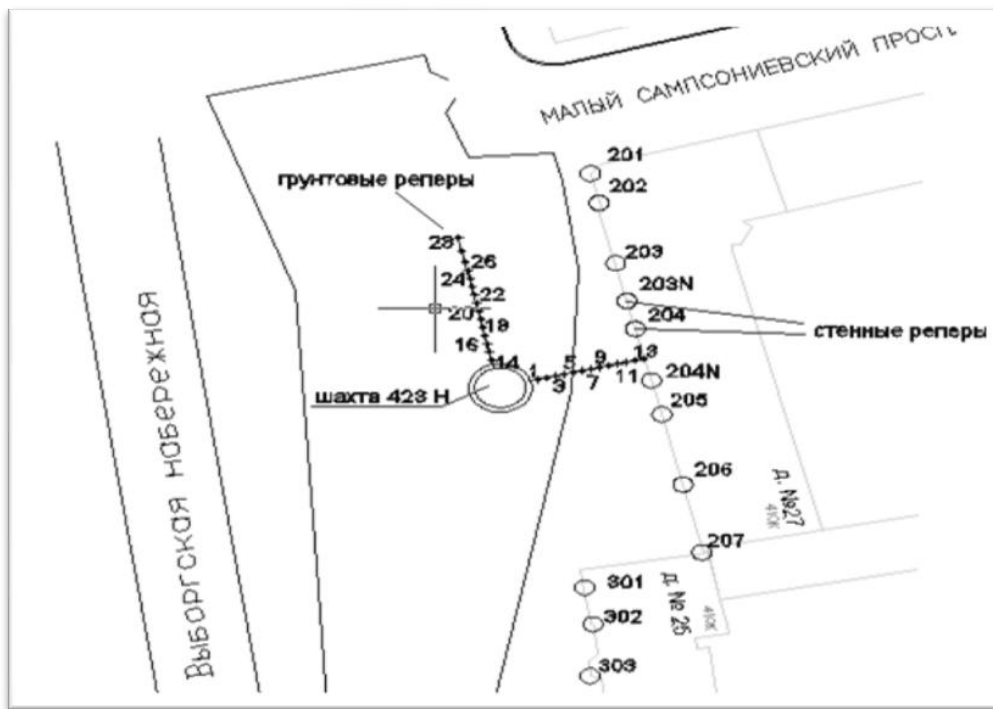


Рис. 2. Схема расположения грунтовых и стенных реперов

Первоначальные наблюдения производились тахеометром *Leica1201+* от пунктов городской сети, в результате чего были получены координаты 3 опорных пунктов, расположенных вне зоны действия деформаций. Последующие наблюдения производились от опорных пунктов в ручном режиме. Плановые координаты и высотные отметки наблюдаемых пунктов определяются с помощью многократно повторяемых измерений, в результате чего среднеквадратическая ошибка измерений составляет $\pm 0,5$. Периодичность наблюдений составляла 1-2 дня в зависимости от скорости проходки.

Первые оседания были зафиксированы при достижении глубины 8 м - при переходе стволопроходческого комплекса границы разделения геологических слоёв (из насыпного грунта в водонасыщенные супеси). Величина оседания составила 150 мм за 7 дней (около 21 мм/сутки), а радиус зоны распространения вертикальных деформаций составил 6 м. Эти оседания в основном были связаны с вымыванием грунта из-под фундамента комплекса. При дальнейшем строительстве величина вертикальных оседаний достигла 350 мм по линии Rp 14-28 (см. Рис. 3).

С учетом процесса вымывания грунта, который не учитывался при моделировании оседаний приконтурного грунта, последние составили величину 200 мм. Радиус опасной зоны составил 5-6 м. Наблюдение за состоянием стенных реперов показало, что строительство ствола практически никак не повлияло на состояние близлежащих зданий (величина максимальных деформаций составляет 2 мм).

Таким образом, полученные при моделировании процесса проходки результаты деформирования приконтурного грунта хорошо согласуются с фактическими данными (результаты отличаются не более чем на 20 мм). Следовательно, данный подход можно распространить для прогнозирования максимальных вертикальных оседаний при строительстве вертикальных выработок в грунтах, аналогичного строения и свойств. Используя «Территориальные строительные нормы» (ТСН 50-302-2004) были построены графики зависимости радиуса зоны предельных деформаций от глубины ствола. Эти графики можно использовать для предварительной оценки геотехнической ситуации, применительно к конкретным типам и категориям зданий, перед строительством подземного сооружения, а также для организации мониторинга и расположения деформационных марок. В данном случае были построены графики (Рис. 4) для наиболее распространённого типа зданий.



Рис. 3. Величины осадок по линии Rp 14-28

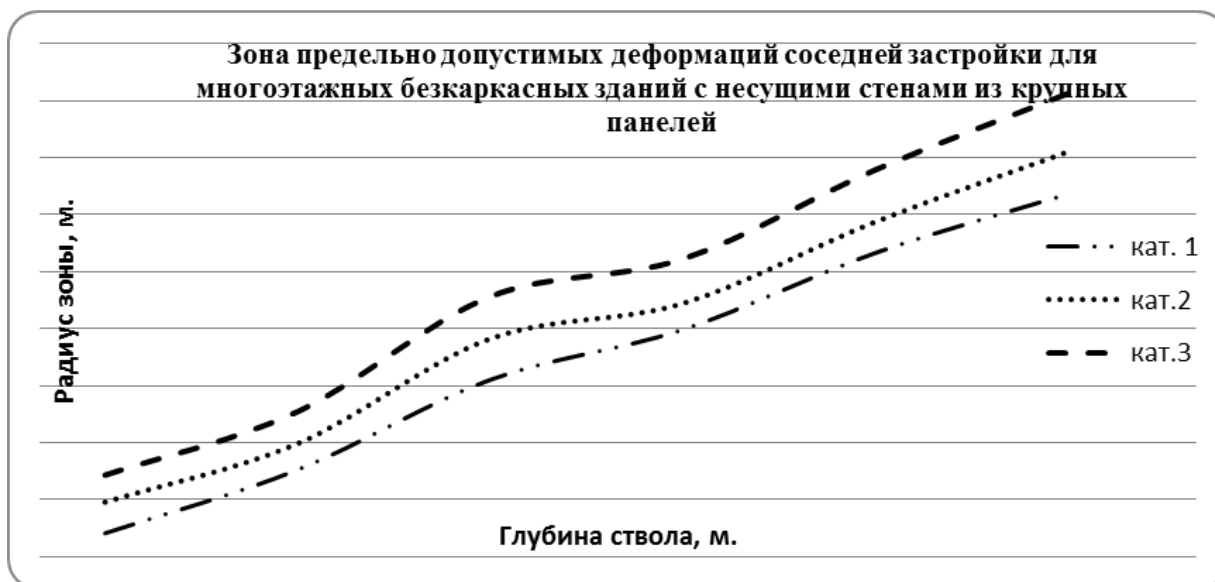


Рис. 4. Графики определения зоны предельно допустимых деформаций

Категория здания предполагает соответственные различия в предельно допустимых деформациях. По этим графикам следует, что для рассматриваемого объекта зона предельно допустимых деформаций составляет 30 метров. Используя графики для различных типов зданий и сооружений можно оптимизировать как технологические параметры проходки, так и параметры деформационного мониторинга.

Список литературы

1. Булычев Н. С. Механика подземных сооружений. М.: Недра, 1989.
2. Правила охраны сооружений и природных объектов от вредного влияния подземных горных разработок на угольных месторождениях. СПб., 1998.