

ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНЫХ ПАРАМЕТРОВ СДВИЖЕНИЯ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ СТАНЦИЙ МЕТРОПОЛИТЕНА



*В. П. ХУЦКИЙ,
зав. сектором, канд. техн. наук
(ЗАО «ВНИИ Галургии»)*

При подземном строительстве метрополитена актуальной является проблема охраны подрабатываемых территорий и обеспечения безопасных деформаций земной поверхности. Подземное строительство может оказывать негативное воздействие на существующую застройку и техническую инфраструктуру, провоцируя сдвигание земной поверхности и расположенных на ней объектов, особенно в крупных городах с историческими центрами, застроенными в XVII–XIX вв. Вследствие этого уже на стадии инвестиционных обоснований необходим поиск горно-геологических, конструктивных, технологических и объемно-планировочных решений при строительстве подземных сооружений, исключающих или минимизирующих ущерб, наносимый объектам на земной поверхности.

В настоящей статье представлена методика определения безопасных для зданий и сооружений г. Санкт-Петербурга условий при строительстве станций метрополитена глубокого заложения с разными конструктивно-технологическими характеристиками, располагаемых, как правило, в толще плотных, достаточно устойчивых протерозойских глин, над которыми находится мощный слой слабых неустойчивых грунтов (четвертичных отложений) из песков, супесей, суглинков и ленточных глин.

В статье представлены результаты исследования зависимости параметров сдвига земной поверхности от соотношения мощностей протерозойских глин и четвертичных отложений над верхним сводом станционных тоннелей при их строительстве.

В Санкт-Петербурге сооружают станции метрополитена глубокого заложения трех типов: односводчатые, пилонные и колонные. Строительство односводчатых станций начинают с проходки опорных тоннелей диам. 5,5 м, в которых возводят (бетонируют) опоры.

Затем горным способом сооружают большепролетную конструкцию станционного тоннеля. Сборная конструкция обделки односводчатых станций обычно имеет пролет верхнего свода 19 м, радиус — 11,2 м.

Конструкция пилонной станции предполагает независимую последовательную проходку параллельных тоннелей кругового сечения с наружным диам. 8,5 м с последующим соединением их проходами (сбойками).

Колонная станция представляет собой единую пространственную конструкцию со сборной железобетонной обделкой. Сначала сооружают боковые тоннели диам. 8,5 м с оставлением целика между ними и опережением забоев на 25–50 м. Затем в боковых тоннелях возводят несущие конструкции, основным элементом которых являются колонны. После этого сооружают средний станционный тоннель с радиусом верхнего свода, как правило, 4,9 м.

Для определения зависимости максимальных значений оседания и деформаций земной поверхности от строения толщ пород над верхним сводом станционных тоннелей использовали программный комплекс City-Tunnel. Методика и алгоритм расчета оседаний и деформаций основаны на аналитическом методе прогноза сдвига земной поверхности с использованием функций распределения оседания в мульде [1, 2]. Алгоритм учитывает комплекс факторов, влияющих на формирование мульды сдвига: характеристику грунтового массива; технологию и временную последовательность выполнения проходческих работ; пространственное положение тоннелей и т. д. Успешное применение программных комплексов Town-Tunnel и City-Tunnel для прогнозирования сдвига земной поверхности при проектировании и строительстве метрополитена в Санкт-Петербурге в 1993–2006 гг. подтвердило их эффективность [3].

Расчет максимальных значений сдвига земной поверхности проводили в продольном и поперечном направлениях в условиях проходки отдельных тоннелей разного диаметра, а также в период после завершения строительства трех основных станционных тоннелей различной конструкции — пилонных, колонных и односводчатых. В расчете принят такой диапазон соотношений мощностей протерозойских глин и четвертичных отложений над верхним сводом станционных тоннелей, который наиболее типичен для условий строительства станций метрополитена глубокого заложения в Санкт-Петербурге.

Необходимость осуществления специальных конструктивных мер защиты зданий оценивали по величине максимальных ожидаемых деформаций с учетом коэффициентов перегрузок, которые, согласно СНиП

2.01.09-91, составляют: оседание — 1,2; наклон — 1,4; горизонтальные деформации — 1,4.

Как известно, большинство станций петербургского метрополитена построены и сооружаются на глубинах более 40 м. Исследования показали, что влияние строительства более глубоких станций на параметры процесса сдвижения земной поверхности при любых соотношениях мощности протерозойских глин и четвертичных отложений будет меньше, чем для станций, расположенных на глубине 40 м. Поэтому в качестве примера рассмотрены результаты исследований, выполненных для глубины заложения станционных тоннелей 40 м (рис. 1–3). Как видно, повышение мощности четвертичных отложений незначительно увеличивает оседания и деформации.

Оценена степень возможного влияния деформаций земной поверхности на здания и сооружения, зависящая, как известно, от различных горно-геологических и горнотехнических факторов (строения и физико-механических свойств толщ горных пород; глубины и размера выработанного пространства; технологии горных работ и способа управления кровлей и т. п.). Условия безопасного ведения горных работ определяют на основании расчетных значений деформаций земной поверхности и их сравнения с допустимыми деформациями в основаниях объектов на земной

поверхности. Если величины расчетных деформаций превышают допустимые значения, то для обеспечения нормальной эксплуатации зданий и сооружений предусматривают применение различных защитных мероприятий, которые подразделяют на строительно-конструктивные и горнотехнические

Строительно-конструктивные меры защиты предназначены для повышения устойчивости сооружений на подрабатываемых территориях. Горнотехнические меры подразумевают применение таких способов ведения горных работ, которые уменьшают деформации земной поверхности. Поскольку осуществление конструктивных мер защиты при подработке территорий с плотной, особенно исторической, застройкой связано со значительными трудностями или вовсе невозможно, то на стадии инвестиционного обоснования и последующего проектирования объектов подземного строительства целесообразен поиск горнотехнических мер.

Критерием безопасной подработки зданий и сооружений могут служить допустимые деформации наиболее уязвимых объектов на земной поверхности или разработанные в результате детальных исследований нормативные показатели. В рассматриваемом случае в качестве критериев безопасной подработки приняты допустимые деформации по классификации

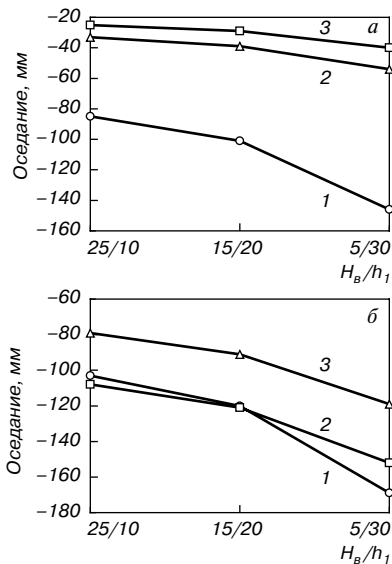


Рис. 1. Зависимость максимальных расчетных значений оседания земной поверхности от соотношения мощности (м) протерозойских глин H_b и четвертичных отложений h_1 над верхним сводом станционных тоннелей: а — при проходке отдельных станционных тоннелей с разными радиусами верхнего свода, м: 1 — 11,2; 2 — 4,9; 3 — 4,25; б — при сооружении станций разной конструкции: 1 — односводчатая; 2 — пилонная; 3 — колонная

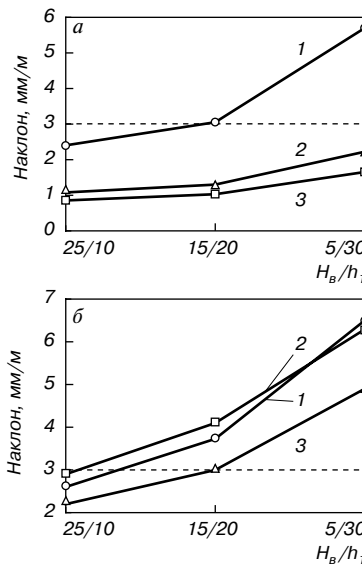


Рис. 2. Зависимость максимальных расчетных значений наклона земной поверхности от соотношения мощности (м) протерозойских глин H_b и четвертичных отложений h_1 над верхним сводом станционных тоннелей: а — при проходке отдельных станционных тоннелей с разными радиусами верхнего свода, м: 1 — 11,2; 2 — 4,9; 3 — 4,25; б — при сооружении станций разной конструкции: 1 — односводчатая; 2 — пилонная; 3 — колонная

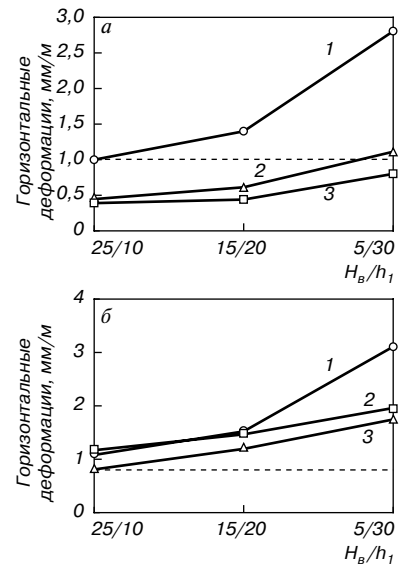


Рис. 3. Зависимость максимальных расчетных значений горизонтальных деформаций земной поверхности от соотношения мощности (м) протерозойских глин H_b и четвертичных отложений h_1 над верхним сводом станционных тоннелей: а — при проходке отдельных станционных тоннелей с разными радиусами верхнего свода, м: 1 — 11,2; 2 — 4,9; 3 — 4,25; б — при сооружении станций разной конструкции: 1 — односводчатая; 2 — пилонная; 3 — колонная

СНиП 2.01.09-91, согласно которой меры защиты зданий и сооружений, как правило, не требуются, если горизонтальные деформации ϵ земной поверхности на подрабатываемых территориях в основании зданий $\epsilon \leq 1$ мм/м, а наклоны $i \leq 3$ мм/м. Кроме того, при подземной разработке месторождений полезных ископаемых в качестве критерия применяют так называемую безопасную глубину разработки, ниже которой горные работы не вызывают в сооружениях на поверхности деформаций, превышающих допустимые [4].

Используя оба вида критериев и результаты проведенных исследований (рис. 1–3), установлены следующие условия строительства станций метрополитена, при которых не требуются специальные меры защиты зданий и сооружений на земной поверхности:

последовательная проходка отдельных тоннелей станций глубокого заложения пилонного и колонного типов при мощности протерозойских глин над верхним сводом более 5 м при любой величине толщи четвертичных отложений;

проходка тоннеля односводчатой станции при мощности протерозойских глин над верхним сводом более 25 м и мощности четвертичных отложений до 10 м;

сооружение станций колонного типа при мощности протерозойских глин над верхним сводом более 20 м и четвертичных отложений до 15 м;

сооружение односводчатых и пилонных станций при мощности протерозойских глин над верхним сводом более 25 м и четвертичных отложений до 10 м.

Кроме того, установлено, что проходка отдельных тоннелей станций колонного и пилонного типов провоцирует значительно меньшие деформации земной поверхности, чем проходка станционного тоннеля односводчатой станции, и в этом плане строительство станций колонного и пилонного типов предпочтительнее сооружения односводчатых станций.

Список литературы

1. Вершинин М. И., Вершинина Л. П., Хуцкий В. П. Программная система анализа, прогнозирования и оптимизации движений земной поверхности при проходке тоннелей City-Tunnel // Компьютерные учебные программы и инновации. — 2005. — № 3.
2. Хуцкий В. П. Методика прогноза оседаний и деформаций земной поверхности при сооружении тоннелей метрополитена // Сборник научных трудов ОАО «ВНИИ Галургии». — Т. 1. — 2001.
3. Вершинин М. И., Вершинина Л. П., Хуцкий В. П., Савков Б. М. Опыт применения программ Town-Tunnel и City-Tunnel для расчета сдвига земной поверхности при строительстве метрополитена // Проектирование, строительство и эксплуатация комплексов подземных сооружений: Труды Межд. конф. — Екатеринбург, 2004.
4. Правила охраны сооружений и природных объектов от вредного влияния подземных горных разработок на угольных месторождениях — Санкт-Петербург: ВНИМИ, 1998. **ГЖ**

Контактный тел.: (812) 376-96-36

PROVIDING SAFE PARAMETERS OF SHIFTING THE EARTH SURFACE DURING CONSTRUCTION OF UNDERGROUND STATIONS

Khutsky V. P.

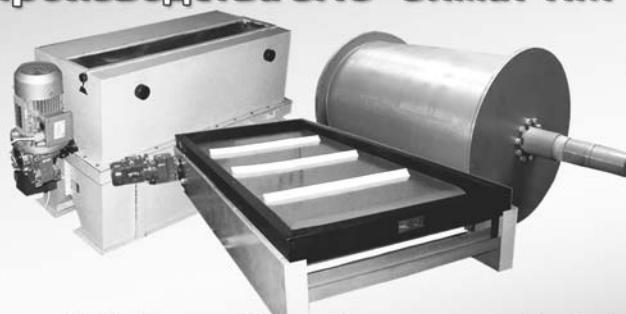
The results of investigations and the technique for determination of conditions of construction of underground stations in St. Petersburg, providing protection of buildings and installations in the area of operations with the earth surface, are presented.

Key words: station tunnels, underground stations, operated territories, deformations of the earth surface, criteria of safe operation, depth of location.

МАГНИТНЫЕ СЕПАРАТОРЫ для горно-металлургической промышленности производства ЗАО "Элмат-ПМ"

Рудоподготовка

Переработка
шлаков



Обогащение руд

Очистка
формовочной
смеси



Изготовитель: ЗАО "Элмат-ПМ", г. Калуга, проезд 2-ой Академический, 17
тел: (4842) 79-23-43, 79-23-44 www.elmatpm-sep.ru

