

## ОБСЛЕДОВАНИЕ И МОНИТОРИНГ СОСТОЯНИЯ НЕСУЩИХ КОНСТРУКЦИЙ ЗДАНИЯ СТАНЦИИ МЕТРО «ЛИГОВСКИЙ ПРОСПЕКТ»

**Н. Н. МОРАРЕСКУЛ** – д-р техн. наук, профессор кафедры «Основания и фундаменты» ПГУПС, г. Санкт-Петербург.

**В. А. АЛПЫСОВА** – доцент кафедры «Основания и фундаменты» ПГУПС, г. Санкт-Петербург.

Аварийные ситуации, все чаще возникающие при эксплуатации зданий и сооружений из-за потери несущей способности отдельных элементов конструкций или сооружения в целом, доказывают необходимость регулярного проведения технических обследований, а некоторых случаях и постоянного мониторинга состояния несущих конструкций. Особую значимость эти мероприятия имеют при эксплуатации транспортных сооружений, в частности наземных конструкций метрополитена, работающих как на статические, так и на динамические нагрузки. Диагностика состояния зданий и сооружений представляет собой сложную инженерную задачу, требует от специалиста всесторонних знаний в области строительного искусства и должна выполняться только специализированными организациями, имеющими лицензию на данные работы.

### 1. ИСТОРИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ, СТРОИТЕЛЬСТВА И ВВОДА В ЭКСПЛУАТАЦИЮ

Здание станции метро «Лиговский проспект» построено по проекту института «Ленметрогипротранс» и представляет собой комплекс надземных и подземных сооружений со сложным планово-высотным решением. В комплекс входят: одноэтажное сооружение вестибюля с глубоким подвалом и пятиэтажные примыкающие к вестибюлю здания с подвалом и без подвалов. Высота вестибюля (уровень кровли) составляет + 7,4 м, высота пятиэтажных частей – (+ 19,4 м). Здание разделено осадочными швами на 4 блока. Фундаменты запроектированы в виде 3 отдельных железобетонных плит толщиной 0,8 м и глубиной заложения от 2,5 до 5,0 м.

Строительство здания началось в конце 80-х гг. и осуществлялось в два этапа. На первом этапе возводился основной объем здания, выходящий на Лиговский пр. На втором этапе, после проходки наклонного эс-

калаторного тоннеля в четвертичных предварительно замороженных грунтах, возводились наземный вестибюль и пятиэтажная часть здания, выходящая фасадом на Транспортный пер. Весь комплекс сооружений был сдан в эксплуатацию в 1991 г.

После сдачи сооружения в эксплуатацию контрольно-измерительная служба метрополитена организовала геодезические наблюдения за деформациями – нивелировку по маркам, расположенным по периметру на цоколе здания, в машинном и кассовом зале наземного вестибюля станции.

Необходимость проведения обследовательских работ здания станции метро «Лиговский проспект» возникла в 2002 г. в связи с обнаруженными повреждениями и дефектами конструкций.

### 2. ОЦЕНКА ГРУНТОВ ОСНОВАНИЯ, ТИПА ФУНДАМЕНТОВ

Анализ геологических условий участка обследования позволяет сделать вывод, что основание фундамента здания метро «Лиговский проспект» отличается чрезвычайной

пестротой и изменчивостью состава и свойств как в вертикальном, так и в горизонтальном направлениях, частой сменой слоев различного состава, обилием прослоев и линз торфа и заторфованных грунтов.

Упрощенно всю совокупность напластования в пределах активной зоны можно представить в виде 3 пачек (рис. 1): верхняя, несущая, представлена насыпным грунтом, крупным и пылеватым песками; вторая пачка, подстилающая, представлена переслаивающимися слабыми супесями и суглинками мягко- и текучепластичными с включением линз и прослоев торфа суммарной мощностью от 7 до 14 м. В основании толщи залегает третья пачка – ледниковые отложения (морена), в верхней части представлены суглинком тугопластичным с включением гальки и гравия. Таким образом, в пределах активной зоны в основании залегают сильно и неравномерно сжимаемые грунты.

Фундамент здания состоит из 4 отдельных блоков плит толщиной 0,8 м и глубиной заложения 2,4; 3,3 и 5,0 м, сложной конфигурации в плане (см. рис. 1, 2). Плиты возводились в разное время (см. рис. 2, а) в зависимости от очередности строительства.

### 3. ОБСЛЕДОВАНИЕ ЗДАНИЯ. АНАЛИЗ ПОВРЕЖДЕНИЙ И ДЕФОРМАЦИЙ

Рассмотрим трещины, вызванные неравномерными осадками плит фундамента:

трещины, наклоненные к горизонту под углом  $\approx 45^\circ$ , вызванные разными осадками соседних частей здания при сохранении этими участками горизонтального положения;

трещины вертикальные, вызванные неравномерными осадками фундамента по длине здания, причем стена принимает форму дуги – «горба» разной кривизны. Раскрытие этих трещин – вверх;

осадочные трещины – всегда располагаются до края стены.

При обследовании конструкций здания в разных местах обнаружено около 15 трещин, имеющих разные очертания, длину и раскрытие. Большая часть трещин находится в одноэтажной части здания (наземном вестибюле), в зоне примыкания к нему пятиэтажных корпусов и в зоне примыкания отдельных блоков

здания. В некоторых случаях, в частности в машинном помещении, трещины в стенах переходят в перекрытия. В пятиэтажной части здания (на 4-м этаже) обнаружены вертикальные (и под углом в  $45^\circ$ ) трещины с раскрытием до 1,5 см. Следует отметить, что сведения о трещинах неточные. В течение 10 лет эксплуатации здания выполнялись ремонтные работы, трещины заполнялись раствором и закрашивались. Следы ремонтных работ заметны во многих местах. Нельзя также не отметить, что процесс образования трещин за 10 лет не стабилизировался. Поэтому необходимо осуществлять регулярные обследования конструкций здания и постоянный мониторинг технического состояния.

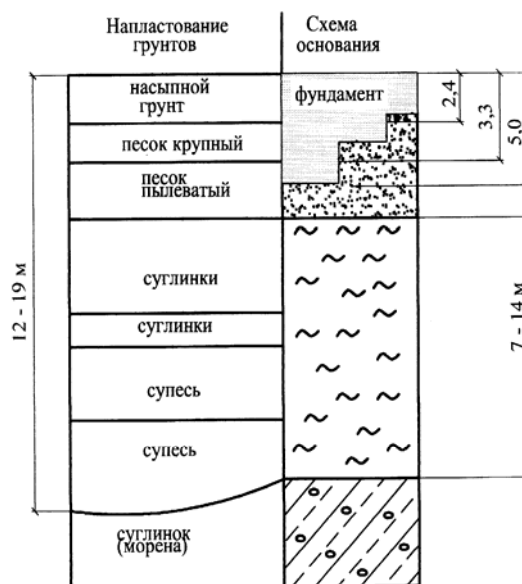


Рис. 1. Основание фундамента

### 4. АНАЛИЗ СОВМЕСТНОЙ РАБОТЫ ОСНОВАНИЕ–ФУНДАМЕНТ–ЗДАНИЕ

Анализ совместной работы фундамент–основание позволяет выявить следующие отрицательные факторы:

1. Фундамент здания состоит из 4 различных плит, примыкающих друг к другу, имеющих разную глубину заложения, разное и неравномерно распределенное давление по подошве каждой из плит, что провоцирует возникновение неравномерных осадок отдельных плит и их закручивание.

2. Плиты фундаментов в плане имеют ломаную конфигурацию (см. рис. 2, б), что приводит к возникновению трещин в наземной части сооружения как продолжения прямых участков плиты.

3. Неравномерные осадки неизбежны в связи с большой и переменной мощностью пачки слабых грунтов. С учетом большой площади фундаментов вся пачка слабых грунтов находится в пределах активной зоны.

4. В процессе производства работ при сооружении наклонного хода грунты предварительно замораживаются, после проходки тоннеля и размораживания возникают дополнительные неравномерные осадки.

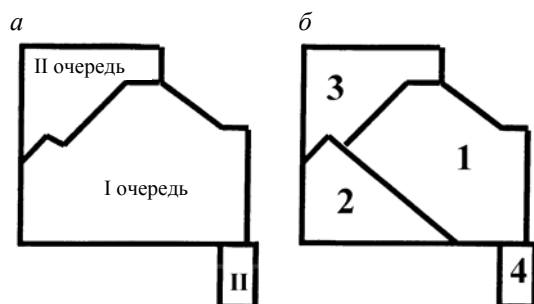


Рис. 2. Части здания: а – очередность строительства; б – плиты фундамента

5. Неравномерность осадок может также быть вызвана влиянием очередности строительства.

Фундамент здания I очереди строительства создает в основании напряженную зону (рис. 3) и соответственно осадку фундамента  $S_1$ . При строительстве II очереди возникает новая напряженная зона. Так как напряжения распространяются за пределы контуров здания, зоны накладываются друг на друга, напряжения в зоне наложения складываются. В результате основание I очереди получает одностороннюю пригрузку, дополнительную к первой, вызывающую дополнительную осадку.

Влияние дополнительной пригрузки отчетливо видно на участке примыкания наружных стен 2- и 5-этажных частей здания (рис. 4). Двухэтажная часть (наземный вестибюль) находится на одной плите с одним из пятиэтажных корпусов. Фундамент имеет консоль

для удаления его от соседнего 5-этажного корпуса II очереди строительства. Пригрузка основания 2-этажной части с двух сторон оказалась настолько велика, что, несмотря на наличие консоли и изгибной жесткости фундамента, эта часть получила значительные неравномерные осадки, деформировалась «горбом», о чем свидетельствуют 3 больших вертикальных трещины в стене.

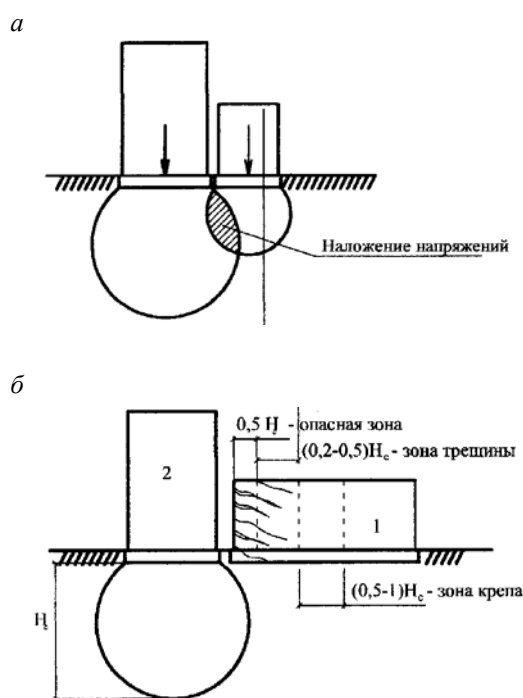


Рис. 3. Общая схема (а) и зоны повреждений (б);  $H_c$  – сжимаемая толща

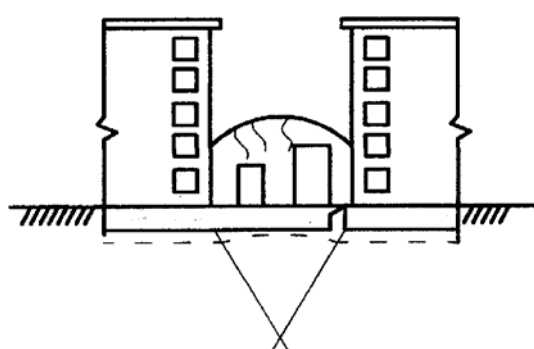


Рис. 4. Влияние высоких зданий на малоэтажные

## 5. ДИНАМИЧЕСКИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ГРУНТ

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Особенность здания метрополитена в том, что частично оно является производственным. В нем непрерывно работают машины эскалатора. При динамических воздействиях, особенно вибрационных, механические свойства грунтов меняются. Пески уплотняются, уменьшается их пористость, вода выдавливается. Если оттока воды при этом нет, пески переходят в плавунное состояние. Глинистые грунты размягчаются, увеличивается их сжимаемость, снижаются прочностные свойства. Изменение свойств грунта происходит при достижении критической величины ускорения колебаний (критического ускорения). Критическое ускорение зависит от вида грунта, влажности, нагрузки и других факторов.

Влияние динамических нагрузок на работу сооружений подтверждается появлением трещин в конструкциях, находящихся в зоне этих воздействий, однако количественная оценка предполагает проведение специальных исследовательских работ, выполнение которых не всегда возможно в эксплуатируемых сооружениях.

Планово-высотное и архитектурно-планировочное решения здания метро «Лиговский проспект» отличаются чрезвычайной и необоснованной сложностью. Плитные фундаменты сложной конфигурации, недостаточная жесткость отдельных блоков, недооценка грунтовых условий – это факторы, влияющие на безопасность эксплуатации сооружения, увеличение эксплуатационных расходов.

При проектировании и строительстве зданий и сооружений, к которым предъявляются требования повышенной безопасности, в том числе наземных станций метрополитена, необходимо на стадии проектирования проводить всесторонний анализ совместной работы основание–фундамент–наземные конструкции с применением методов математического моделирования. Такой подход позволит учесть все предполагаемые факторы влияния на работу элементов конструкций и сооружения в целом и разработать наиболее рациональные варианты конструктивных решений и производства работ.

Во избежание возникновения аварийных ситуаций необходимы регулярные обследования конструкций здания и постоянный мониторинг его технического состояния.