

ОПЫТ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ В ГОРОДСКИХ УСЛОВИЯХ СТЕН В ГРУНТЕ И СВАЙНЫХ ФУНДАМЕНТОВ

В последние десятилетия в связи с необходимостью возведения зданий и сооружений в условиях тесной городской застройки все более широкое распространение получают способы устройства котлованов с вертикальными стенками и ограждения их с помощью стен в грунте, выполняемых в виде бетонируемых

траншей или из бурсекущихся свай. Зачастую эти ограждающие конструкции являются и несущими — будущими стенами здания или сооружения. Ниже приводится описание таких работ на некоторых московских объектах, которые выполнялись по нашим проектам и при нашем авторском надзоре.

ПОДЗЕМНАЯ ЧАСТЬ ДЕЛОВОГО И КОММЕРЧЕСКОГО ЦЕНТРА НА КИЕВСКОЙ ПЛОЩАДИ

Для строительства подземной части Центра (генпроектировщик — Проектное бюро «Панорама») потребовалось оградить котлован стеной в грунте.

В геологическом строении участка строительства до глубины 38,5 м располагаются: насыпные грунты мощностью от 1 до 5 м, древнеаллювиальные отложения — пески с обломками кирпича и бетона; древнеаллювиальные отложения — пески мощностью от 3 до 12 м с маломощными линзами суглинков; флювиогляциальные отложения мощностью от 4 до 17 м, представленные в верхней части супесями и суглинками, а ниже песками — от пылеватых до гравелистых. Комплекс песчано-глинистых четвертичных отложений на отм. от 102,7 до 114,83 м подстилается отложениями верхнего карбона, который в кровле представлен малопрочными ратмировскими известняками, разрушенными до мелкого щебня, дресвы и муки ($R_c = 3$ МПа).

Гидрогеологические условия участка характеризуются распространением первого от поверхности надкаменноугольного водоносного горизонта, прогнозируемый уровень которого находится на отм. 122 м. Воды этого горизонта являются слабоагрессивными по отношению к бетону по агрессивной углекислоте. Для стен в грунте и свай необходимо применять бетон марки по водонепроницаемости W6.

В состав рабочего проекта (разработанного по заданию компании «Киевская площадь») вошла траншейная стена в грунте, а также расположенные



Фото 1. Общий вид Делового и коммерческого центра на Киевской площади

Табл. 1. Объемы работ по устройству стен в грунте и свайных фундаментов

Наименование работ	Ед. изм.	Количество по типам конструкций			Всего
		Траншейная стена	Стена из свай	Свайные фундаменты	
Устройство форшахты	куб. м	400	30	—	430
Разработка траншеи грейфером	куб. м	3 500	—	—	3 500
Бурение скважин	м	—	1 460	1 320	2 780
Установка арматурных каркасов	шт.	125	35	72	232
Укладка бетонной смеси	куб. м	3 500	1 650	900	6 050
Вырубка слабого бетона	куб. м	215	—	125	340
Монтаж распорной системы	т	90	—	—	90
Устр-во обвяз. поясов и ростверков	куб. м	—	200	400	600

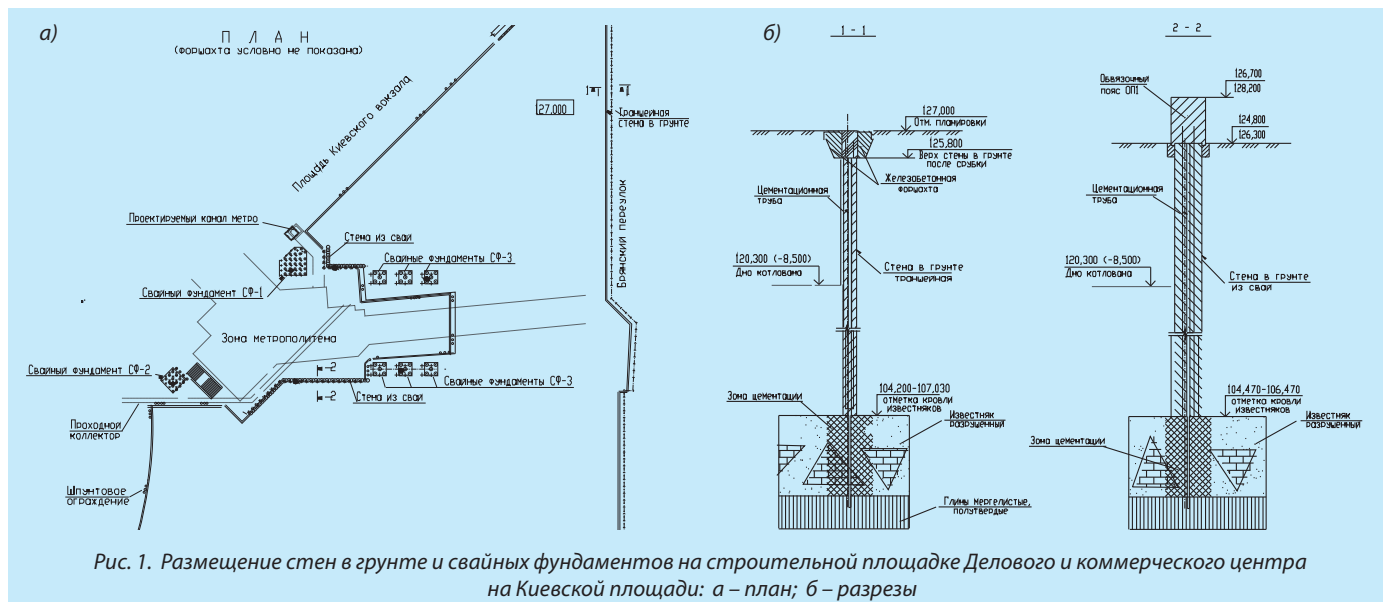


Рис. 1. Размещение стен в грунте и свайных фундаментов на строительной площадке Делового и коммерческого центра на Киевской площади: а — план; б — разрезы

в непосредственной близости от эксплуатируемых сооружений метрополитена стена в грунте из буросекущихся свай и свайные фундаменты (рис. 1).

Несущие участки траншейной стены в грунте, стена из буросекущихся свай и свайные фундаменты опираются на слой известняка. С точки зрения проявления карстово-суффозионных процессов участок оценивается как потенциально опасный. Перед устройством траншейной стены на этих участках было проведено пробное бурение для оценки поглощения бурового раствора. Для предотвращения образования карстовых пустот известняки были зацементированы.

Траншейная стена в грунте толщиной 600 мм является ограждающей, а на участках приложения вертикальных нагрузок — несущей. Сосредоточенные вертикальные нагрузки от верхнего строения составляют до 500 тс. Допустимая нагрузка на 1 м стены, опирающейся на известняки, определенная расчетом по характеристикам грунтов ($P_{доп}$), составляет 123 тс. Глубина участков стены, на которые не действуют вертикальные нагрузки, составляет 12,4 м. Глубина котлована — 7 м.

Размеры и конструкция стены были приняты из условия разработки грунта плоским грейфером на базе установки Casagrande С-90 с применением бентонитового раствора, состав которого уточнялся по данным строительной лаборатории. В строительный период устойчивость стены, выполнявшейся захватками по 3 м, обеспечивалась распорной системой. Конструкция участка стены, объединенная по верху распределительным обвязочным поясом, позволила при разработке котлована на этом участке до отм. 119,4 м отказаться от подкосов распорной системы.

Работы по устройству траншейной стены в грунте включали следующие основные технологические операции: устройство форшахты из бетона кл. В15, разработку траншеи (захватками) грейфером, установку арматурных каркасов, укладку в траншею литой бетонной смеси кл. В25 W6, срубку бетона выше проектной отметки, монтаж распорной системы из стальных труб.

Стена в грунте из буросекущихся свай диаметром 1 200 мм является и ограждающей, и несущей, воспринимающей вертикальные нагрузки до 2 000 тс. Допустимая нагрузка на 1 м стены из свай, расположенных с шагом 950 мм, составляет, по расчету, 246 тс. Сваи выполнялись установкой Вауег с применением извлекаемых обсадных труб. Армоярматурные каркасы устанавливались в сваи через одну. По верху сваи объединены в стену распределительными омоноличивающими поясами высотой 2 м, что позволило при разработке котлована отказаться от подкосов распорной системы.

На **свайные фундаменты** СФ-1 и СФ-2 действуют по несколько вертикальных сосредоточенных нагрузок от 500 до 1 950 тс, воспринимаемых соответственно 26-ю и 16-ю сваями диаметром 750 мм, ко-

торые объединены ростверком высотой 2 м. Допустимая нагрузка на сваю, определенная расчетом, составляет для фундамента СФ-1 — 162 тс, для фундамента СФ-2 — 179 тс.

На свайный фундамент СФ-3 действует вертикальная нагрузка 1 200 тс, воспринимаемая 5-ю сваями диаметром 1 200 мм, которые объединены ростверком высотой 1,5 м. Допустимая нагрузка на сваю, определенная расчетом, составляет 250 тс. Свайные фундаменты также выполнялись буровой установкой с применением извлекаемых обсадных труб. Объемы основных работ по сооружению стен в грунте и свайных фундаментов (выполнявшихся компанией «Мосспецгеострой») приведены в таблице 1.

Все работы по устройству стен в грунте и свайных фундаментов были успешно выполнены. Серьезных отклонений от проекта и нормативных требований отмечено не было. Эксплуатация здания (фото 1) показывает, что принятые проектные решения были правильными, а качество работ достаточно высоким.

ТОРГОВО-ОФИСНЫЙ КОМПЛЕКС С ПОДЗЕМНЫМ ГАРАЖОМ-СТОЯНКОЙ НА УЛ. ВОЗДВИЖЕНКА

В геологическом строении этого участка строительства присутствуют: насыпные грунты мощностью до 6 м, представленные слежавшимися влажными песками; пески мелкие средней плотности, влажные, мощностью до 6 м; ниже идут пески различной крупности, плотности и влажности, слоями толщиной от 2 до 6 м. В отдельных местах встречаются пески глинистые и гравелистые, рыхлые, влажные, подстилаемые двухметровым слоем песков средней крупности, плотных, насыщенных водой, суффозионных. С глубины около 20 м идут суглинки тугопластичные мощностью от 2 до 4 м, а затем мергель глинистый, твердый, слоем такой же толщины, и известняки малой прочности ($R_c = 7$ МПа), трещиноватые, кавернозные. Уровень

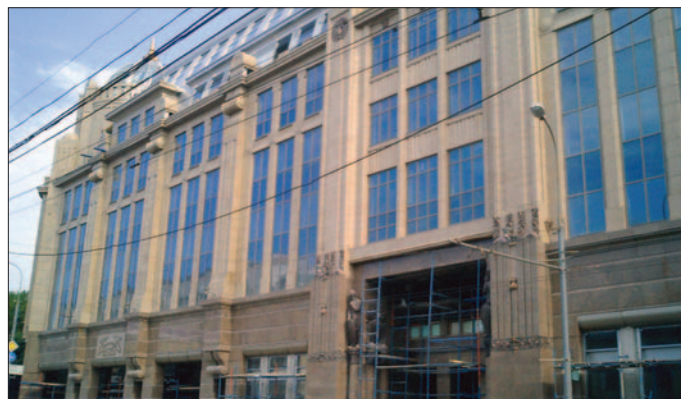


Фото 2. Общий вид Торгово-офисного комплекса по ул. Воздвиженка

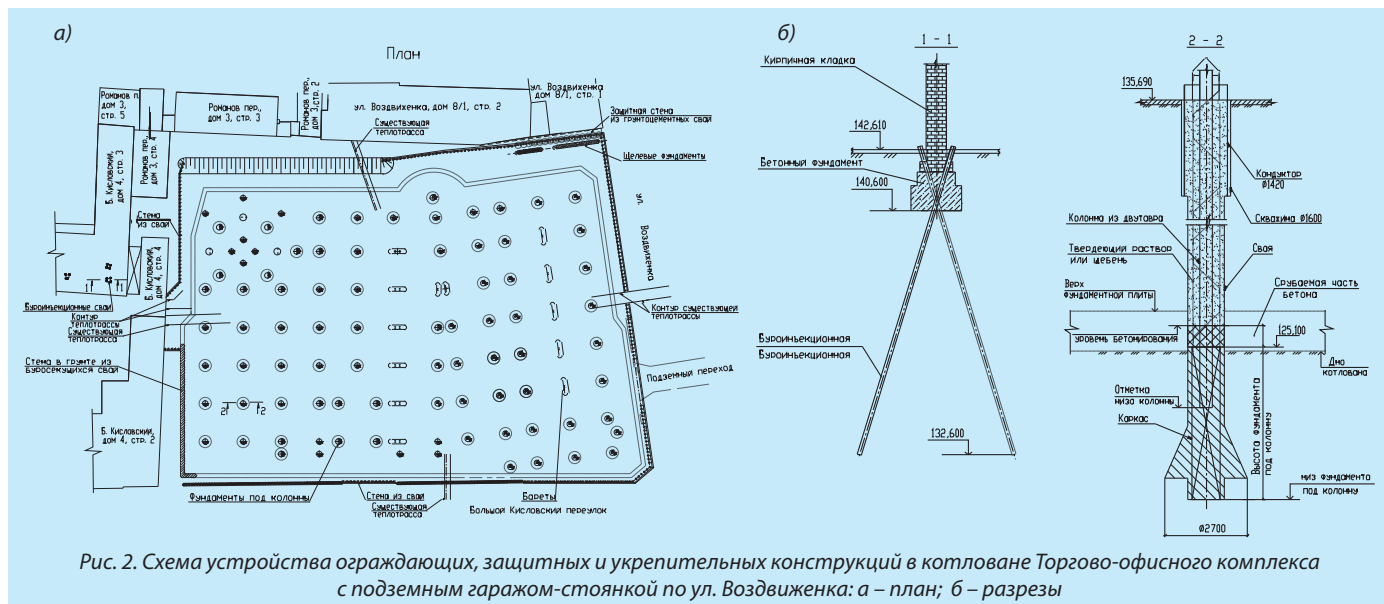


Рис. 2. Схема устройства ограждающих, защитных и укрепительных конструкций в котловане Торгово-офисного комплекса с подземным гаражом-стоянкой по ул. Воздвиженка: а – план; б – разрезы

грунтовых вод встречен на глубине 15–16 м от дневной поверхности. Для возведения комплекса был выполнен целый ряд специальных работ по укреплению грунтов основания, устройству защитных и ограждающих конструкций.

Защитные стенки. Со стороны зданий — д, 8/1 стр. 1 и стр. 2 по ул. Воздвиженка — было запроектировано устройство защитной стенки из грунтоцементных свай (рис. 2), выполняемых методом струйной цементации (Jet grouting). Стенка выполнялась в зоне распространения песчаных грунтов, в том числе обладающих суффозионными свойствами, и была предназначена для защиты здания, являющегося историческим памятником, от влияния последующего строительства стены в грунте и выемки грунта из котлована.

До начала работ по устройству защитной стенки были выполнены три опытные сваи, в центре которых пробурили скважины с отбором керна для уточнения прочностных параметров грунтоцементных свай. В технологический процесс по устройству грунтоцементных свай входили следующие операции: бурение лидерной скважины диаметром 190 мм, струйная цементация грунтов (диаметр грунтоцементной сваи — 1 400 мм) и установка в скважину арматурного каркаса. После завершения струйной цементации были пробурены три контрольные скважины с отбором керна для определения фактической прочности закрепленного грунта, которая должна быть не ниже 3 МПа.

Со стороны Б. Кисловского пер. также была устроена защитная стена из грунтоцементных свай, создаваемых струйной цементацией. Диаметр буровых скважин составлял 150 мм, грунтоцементных свай — 1 100 мм.

Стены в грунте. С той же стороны для ограждения котлована глубиной 14,5 м была выполнена стена в грунте из бурсекущихся свай диаметром 910 мм. Технология ее сооружения принципиально не отличалась от описанной выше. Скважины бурили с применением инвентарных обсадных труб диаметром 880 мм.

Устройство стены в грунте из бурсекущихся свай начинали только после того, как были завершены следующие работы:

- цементация фундаментов существующего здания и контакта фундамент-грунт,

Табл. 2. Объемы специальных работ

Наименование работ	Ед. изм.	Количество по типам конструкций				Всего
		Защитные стенки из бурцемент. и бурбет. свай	Стена в грунте из бурсекущих свай	Траншейная стена в грунте	Фундаменты из свай и барет	
Бурение скважин	м	1 500	1200	—	1 700	4 400
Установка арматурных каркасов	шт	34	25	137	86	282
Струйная цементация грунтов	куб. м	770	—	—	—	770
Устройство форшахты	куб. м	—	25	480	—	505
Разработка траншеи грейфером	куб. м	—	—	4 600	360	4 960
Укладка бет. смеси или тверд. р-ра	куб. м	5	745	4 600	2 380	7 730
Вырубка слабого бетона	куб. м	—	20	130	120	270
Устройство обвязочных поясов	т	0,4	—	—	—	0,4

- увеличение прочности и жесткости надземной части здания замкнутыми поясами и затяжками на уровне перекрытий (по проекту Архитектурной мастерской М-19),

- создание защитной стены из грунтоцементных свай.

Остальная часть периметра котлована была ограждена траншейной стеной в грунте толщиной 800 мм. Эта стена была запроектирована из расчета строительства подземной части здания способом «сверху-вниз», когда роль распорных конструкций, обеспечивающих прочность и устойчивость стены в грунте, выполняют ее перекрытия. При проектировании учитывалась возможность, что перекрытие на отм. 136 м выполняется после устройства фундаментной плиты. Низ стены в грунте должен заглубляться в водоупор — суглинка или твердые мергели — не менее чем на 1 м, поэтому проектом предусматривалось увеличение ее глубины по сравнению с проектной в случае необходимости, в зависимости от фактической глубины кровли водоупора.

Размеры (800x3 000 мм) и конструкция блоков стены в грунте были приняты для условий применения плоского грейфера на базе установки Casagrande.

Под колонны подземной части комплекса были запроектированы **фундаменты из свай и барет.** Технологический процесс их устройства включал следующие операции: бурение скважин диаметром 1 600 и 1 900 мм, глубиной до 3 м, под защитой бентонитового раствора, установку кондукторов из стальных труб,

бурение скважин диаметром (соответственно) 1 200 и 1 500 мм на проектную глубину (часть скважин бурилась с уширением нижней части), установку арматурных каркасов, заполнение скважин ниже дна котлована бетонной смесью кл. В25, а выше — твердеющим цементно-бентонитовым раствором.

Отличие технологии устройства барет сечением 4 000x1 000 и 3 000x1 000 мм состояло в методе проходки: вместо бурения здесь применялась выемка грунта плоским грейфером.

Всего было выполнено 92 фундамента из свай и барет.

На рисунке 3 показаны некоторые результаты расчета стены в грунте, выполненного по программе Wall-3, а в таблице 2 приведены объемы основных работ.

Продолжение следует

Г. В. БУЧАЦКИЙ, главный инженер проектной мастерской,
Э. С. АРГАЛ, д. т. н., зам. главного инженера института.
 Специальный проектно-исследовательский институт «Гидроспецпроект»

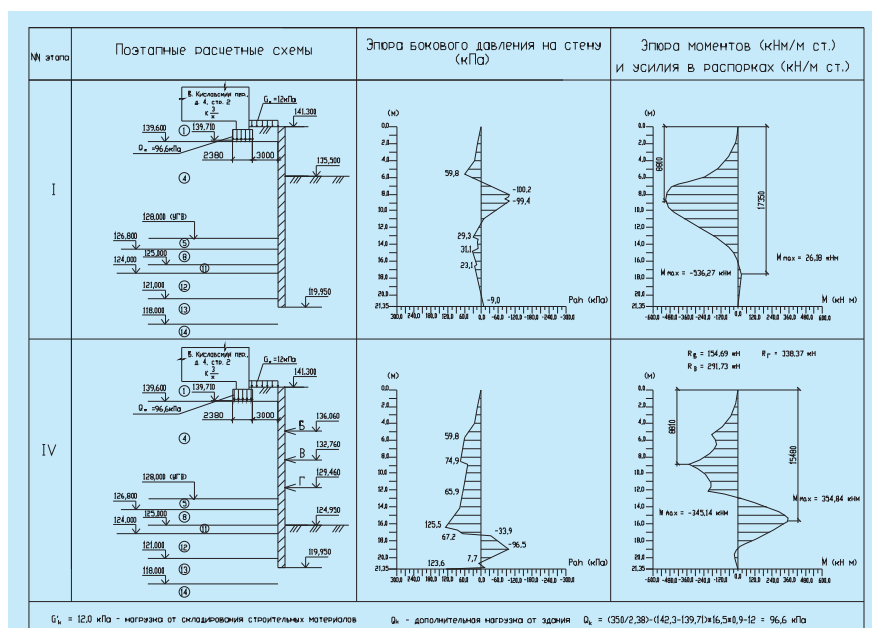


Рис. 3. Расчетные схемы для I и IV этапов строительства стены в грунте у здания в Б. Кисловском пер., 4, стр. 2 и графическое отображение результатов расчета: М — изгибающий момент; R — усилие в распорке; число в кружке — обозначение грунта (ИГЭ): 1 — насыпной грунт, 4, 5 — песок средней крупности, 8 — песок мелкий, 11, 12 — суглинок, 13 — мергель, 14 — известняк