

# ПОДЗЕМНЫЕ ПРОСТРАНСТВА В ГОРОДСКОЙ ЗАСТРОЙКЕ



Последние несколько лет подземное строительство становится все актуальнее. Об устройстве подземных парковок мы попросили рассказать Р. А. Мангушева, д. т. н., проф. Санкт-Петербургского государственного архитектурно-строительного университета. В этот раз наша встреча с Рашидом Александровичем началась с обзора «Комсомольской правды». На красочном развороте журналист рассказывал о «завтрашнем дне» известной любому петербуржцу пл. Восстания, вернее, о ее подземном преобразении. В недалеком будущем под площадью обещают построить подземные паркинги, магазины, фонтаны. Но... в статье не говорилось, каким образом будет реализован столь глобальный проект.

**В** Санкт-Петербурге сложные инженерно-геологические условия. На значительной части территории города большие толщи слабых, водонасыщенных грунтов. Их наличие предъявляет особые требования к выбору метода производства работ и, в частности, креплению ограждающих стен котлованов, водоотливу и т. п.

Устройство котлованов в условиях плотной застройки центральной части нашего города может привести к необратимым деформациям. Историческая часть Санкт-Петербурга находится в более сложном, с точки зрения геологии, положении, чем в Москве.

Многие здания были построены еще в XVIII – XIX в. И одна из главных задач при реконструкции города — сохранение существующих исторических зданий.

Итак, для устройства подземной парковки необходимо решить главную задачу — обеспечение надежности ограждения

котлована. Для этого могут использоваться шпунтовые, в том числе металлические, ограждения. При этом следует учитывать, что забивка или вибропогружение шпунта может привести к деформации существующих зданий. Кроме того, вибрация шпунта, динамические воздействия, возникающие при его забивке, ухудшают характеристики грунта. И в дальнейшем это создает деформации в существующих зданиях. Обеспечить грамотное устройство шпунта можно с помощью распорок, раскосов.

Также необходимо обеспечить водоотлив. Так, в случае технологически неправильного водопонижения может возникнуть понижение уровня грунтовых вод, в том числе под существующими зданиями. Это приводит к уплотнению грунта и дополнительной осадке здания. Поэтому выбор метода водопонижения — достаточно серьезный вопрос.

Для решения всех перечисленных выше вопросов необходимо проводить геотехническое обоснование проекта, которое предполагает обследование существующей застройки, выявление типа фундаментов, наличие лежней и т. д.

Сейчас геотехническое обоснование проекта производится с применением расчетных программ, позволяющих полностью смоделировать существующую геотехническую ситуацию при отрывке котлованов. Когда приняты проектные решения, необходимо выбрать правильную технологию производства работ.

Одним из современных щадящих методов ограждения котлованов, в том числе и глубоких (более 4 м), является метод «стена в грунте», неоднократно доказавший свою эффективность при грамотном проектиро-

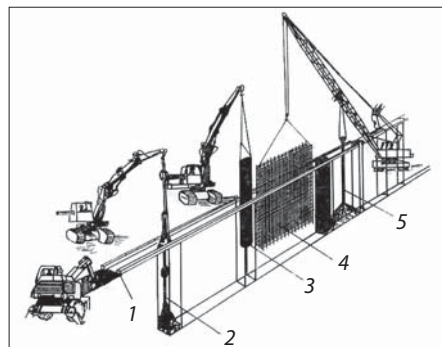


Рис. 1. Технологическая схема устройства стен в грунте:

1 — устройство направляющей форшахты и отрывка траншеи на длину захватки;  
3 — установка ограничителей; 4 — установка армокаркаса; 5 — бетонирование методом ВПТ

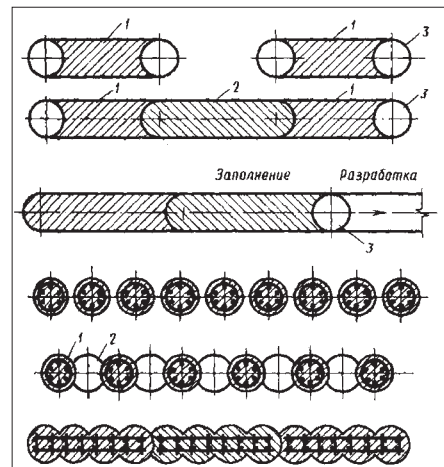


Рис. 2. Виды траншейных и свайных стен, выполненных в грунте:

а — из соприкасающихся траншей; б — из непрерывных траншей с секционным заполнением;  
в — из соприкасающихся свай; г — из пересекающихся свай; д — устраиваемые в траншеях из пересекающихся скважин; 1, 2 — последовательность операций; 3 — ограничитель

вании и выполнении работ. Он заключается в сооружении ограждающих и несущих стен подземных сооружений или противофильтрационных завес путем отрывки глубоких узких траншей под глинистым раствором с последующей укладкой бетона или сборных железобетонных элементов в траншею.

При устройстве монолитной бетонной или железобетонной стенки бетонная смесь укладывается в траншею методом вертикально перемещающейся трубы (ВПТ), глинистый раствор выдавливается, в дальнейшем очищается от шлама и используется повторно на следующих захватках.

Стены сооружений и ограждений котлованов, устраиваемые способом «стена в грунте», могут иметь различную форму в плане: прямоугольную, круглую, многоугольную и т. д.

Подземные стены подразделяются на траншейные и свайные, выполненные из соприкасающихся или пересекающихся свай (рис. 2). Траншейные стены могут сооружаться непрерывными или секциями.

Траншейные и свайные стены могут быть железобетонными, бетонными, грунтоцементными, глинистыми, комбинированными.

Для монолитных стен применяют тяжелый бетон класса не ниже В 15, для сборных конструкций — не ниже В 22,5. В водонасыщенных грунтах используется бетон марки по водонепроницаемости не ниже W6, по морозостойкости — не ниже F50.

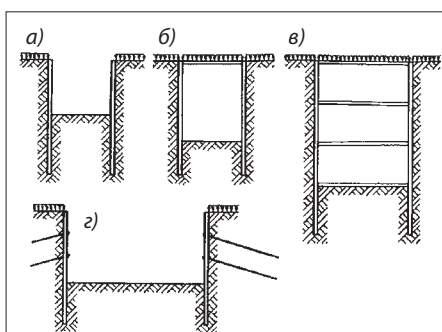


Рис. 3. Схемы сооружений с параллельными стенками в грунте:

- а — стенки с заделкой нижней части в грунте;  
 б — с верхней распоркой; в — с многоярусными распорками; г — с анкерными креплениями



Фото 1. Пример устройства ограждений методом «стена в грунте» касательных и секущихся буронабивных свай в Санкт-Петербурге фирмой ЗАО «Геострой»

Как правило глубина котлованов для подземных помещений ограничивается 30 — 35 м, а сама «подземная стена» заглубляется в водоупорный слой грунта.

При котлованах больших размеров, внутри которых возводится здание или сооружение, ограждающие конструкции, выполненные методом «стена в грунте», используются как внешние стены подвальных помещений. В этом случае нагрузка от здания передается на фундаменты, не связанные с ограждающими стенами.

В случаях, подкрепленных соответствующими расчетами, сама конструкция стены в грунте, являющаяся ограждающей конструкцией котлована, может использоваться и как фундамент под внешние стены здания или сооружения. Толщина стен определяет-

ся расчетом в зависимости от передаваемых нагрузок от сооружения и бокового давления грунта.

Конструкции подземных сооружений, состоящих из прямолинейных стенок, представлены на рисунке 3.

Расстояние между стенками, как правило, принимается до 15 — 20 м из расчета прочности и устойчивости распорных конструкций. При расстоянии более 20 м устойчивость стен обеспечивается анкерами. Это наиболее простое и дешевое мероприятие (г на рис. 3).

Круглые или многоугольные в плане сооружения могут иметь различные конструктивные решения. Устойчивость стен таких сооружений обеспечивается армированным поясом и анкерами.

Одной из важных задач при устройстве конструкций методом «стена в грунте» является обеспечение устойчивости стенок траншей при их разработке — предотвращение оползания и обрушения грунта. Это особо актуально при разработке в слабых грунтах ниже уровня подземных вод.

Устойчивость глубоких и узких траншей обеспечивается использованием при производстве работ тиксотропных глинистых растворов — специальной смеси глины с водой.

Состав глины подбирается в лаборатории в зависимости от гидрогеологических и геологических условий площадки строительства, требований водопроницаемости сооружения, а также экономических сооб-



Фото 2.



Фото 3. Устройство опытного котлована выполнено методом «стена в грунте» фирмой ЗАО «Геозол»

ражений. Наиболее эффективным типом является бентонитовая глина.

Плотность глинистого раствора при приготовлении его из бентонитовых глин принимается 1,05–1,15 г/куб. см, а при использовании глин других видов — 1,10–1,30 г/куб. см.

Выемки для траншейных и свайных стен устраиваются с использованием специальных или приспособленных для этой цели землеройных или буровых механизмов: долотовых или роторных (на базе буровых станков), экскаваторов (с обратной лопатой или ковшом-драглайн, многоковшовых), специальных (вибрационных, фрезерных, буровых), бурофрезерных, подвесных или штанговых грейферов.

При устройстве сборных траншейных или свайных стен после разработки грунта на каждой захватке выполняется погружение сборных элементов после их насыщения водой. При использовании глинистой суспензии производится замена ее тампонажным раствором, в состав которого входят цемент, бентонит, глина, песок, вода и химические добавки для его пластификации и замедления сроков твердения. Плотность тампонажного раствора принимается 1,55–1,8 г/куб. см и должна обеспечить вытеснение глинистого раствора из траншеи или скважины.

Непосредственно в точке бурения цементная суспензия смешивается с грунтом под влиянием вращающихся вокруг горизонтальной оси колес — таким образом получается смесь, используемая в дальнейшем для формирования несущих и ограждающих стен. В самой нижней точке головки вмонтирован телескоп, и по монитору можно следить за процессом в месте бурения.

В Санкт-Петербурге основным для устройства ограждающих конструкций методом «стена в грунте» является метод соприкасающихся свай, иногда в сочета-



нии с устройством цементационных «шпенок» или системы закрепления грунтов Jet grouting для обеспечения водонепроницаемости конструкции. При устройстве котлована необходим постоянный мониторинг за окружающей застройкой.

Так, в настоящий момент Санкт-Петербургская компания «Геоизол» выполнила опытный котлован методом «стена в грунте» рядом с существующими зданиями в районе Кронверкской ул. На этом месте предполагается новый жилой комплекс и 3-этажный подземный паркинг. Глубина опытного котлована — 10 м. В данном случае расстояние до одного из существующих зданий — 1,7 м, до другого — 2,5 м.

С помощью установленных датчиков измеряют боковое давление на стенке этого сооружения, измеряют горизонтальные и вертикальные перемещения грунта, что позволяет определить, насколько деформировался грунт и как эти процессы в дальнейшем могут повлиять на существующие рядом здания.

Достаточно интересный метод устройства котлованов (top-down) применяет-

ся в Москве. После выполнения «стены в грунте», внутри огражденной стеной котлована отрывается небольшой котлован, делается железобетонное перекрытие, которое одновременно является распоркой. В перекрытии выполняются технологические отверстия, через которые разрабатывается нижележащий грунт, после чего устраивают второе перекрытие и т. д.

В чем преимущество этого метода? Прежде всего в том, что перекрытия служат готовыми этажами и распорками для стен ограждения котлована. В случаях слабых грунтов необходимо устройство водопонижения.

Отметим, что в Санкт-Петербурге такой метод еще не применялся.

\* \* \*

В заключение нашей беседы Рашид Александрович еще раз подчеркнул, что надо очень осторожно подходить к устройству подземных сооружений в исторической части города.

У нас часто обращаются к зарубежному опыту. Но стоит посмотреть на этот опыт более тщательно и внимательно. Например, в Голландии, в частности в Амстердаме, проезд в центр города на личном автотранспорте очень осложнен из-за высокой стоимости парковки, поэтому в центре там мало машин, зато есть муниципальный транспорт и такси, а многие предпочитают велосипед. Сейчас в центре Амстердама строят новую ветку метро открытым способом. Перед этим было произведено немало расчетов, а там, где отрывался котлован, все рядом стоящие здания были усилены, пересажены на сваи или уже имели свайный фундамент.

В историческом центре Стокгольма (Гамла Стан) вообще нет подземных парковок — местные власти очень бережно относятся ко всем старым зданиям в этом районе. Парковки существуют на окраинах или в местах залегания прочных грунтов.

Беседовала Наталья ЯКОБЮК



Фото 5. Устройство метро в центре Амстердама открытым способом