

СТРОИТЕЛЬСТВО ГЛУБОКИХ КОТЛОВАНОВ С ПОМОЩЬЮ ТЕХНОЛОГИИ СТРУЙНОЙ ЦЕМЕНТАЦИИ ГРУНТОВ

Малинин А.Г., член Правления Тоннельной ассоциации России,
Технический директор ЗАО «ИнжПроектСтрой»

1. Введение

Строительство глубоких котлованов всегда считалось одной из наиболее сложных задач подземного строительства. В последнее время актуальность задачи возросла в связи с появившимся и ежегодно растущим спросом на подземные многоуровневые автопаркинги, расположенные под строящимися жилыми домами.



Фото 1. Внешний вид котлована по ул. Мытной.

Особенно ярко это проявляется в таком крупнейшем мега полисе, как г. Москва, где практически каждый элитный дом, строящийся в центральной части города, предусматривает подземную автостоянку, значительно повышающую финансовую привлекательность проекта для инвесторов.

Между тем, строительство котлованов в условиях чрезвычайно плотной городской застройки имеет свои особенности. В первую очередь это касается невозможности устройства ограждений котлованов с помощью забивки свай или металлического шпунта из-за негативного воздействия на фундаменты и стены близко расположенных зданий. Применение буронабивных свай значительно увеличивает продолжительность и стои-

мость строительства и не всегда обеспечивает водонепроницаемость стен котлована из-за расхождения свай на больших глубинах.

Наиболее сложной является ситуация, когда не удастся заглубить буровые сваи в слой естественного водоупора. Так как традиционное водопонижение в стесненных условиях может привести к аварийным осадкам соседних зданий, вся оставшаяся надежда возлагается на



Фото 2. Руководитель объекта Казаков А.В. на фоне выполненных свай.

малозффективные инъекционные методы, предусматривающие нагнетание в днище котлована цементных составов и синтетических смол.

Комплексным решением всех проблем, на наш взгляд, является применение при строительстве котлованов технологии струйной цементации грунтов, которая по сравнению с другими технологиями имеет следующие преимущества:

- отсутствие негативного воздействия на фундаменты соседних зданий в процессе устройства ограждения из грунтоцементных свай,
- обеспечение водонепроницаемости ограждения из взаимносекущихся свай,

- возможность устройства надежной горизонтальной противофильтрационной завесы в днище котлована (слоя искусственного водоупора).

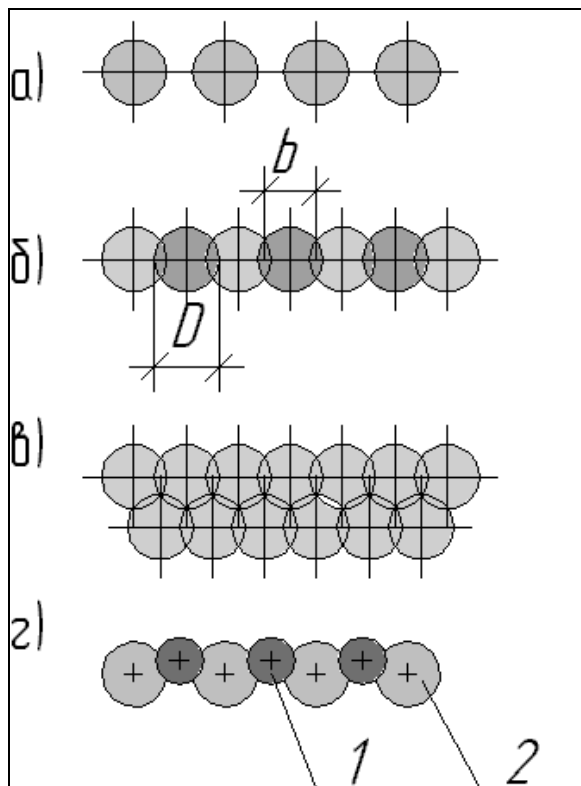


Рис.1. Конструкция ограждения котлована из свай: а) одиночные сваи, б) взаимосекущиеся сваи, в) двухрядное ограждение, г) комбинированная конструкция из буронабивных (1) и грунтоцементных (2) свай.

2. Ограждение котлованов из грунтоцементных свай.

Сущность технологии струйной цементации грунтов приведена в статьях автора [1-3], поэтому подробно остановимся лишь на вариантах конструкции ограждения котлована (рис.1).

Первая схема ограждения из одиночных свай применяется для неглубоких котлованов, сооружаемых в грунтах высокой устойчивости. Вариант «б» из взаимосекущихся свай является эффективным в случаях, когда необходимо дополнительно обеспечить водонепроницаемость стен котлована. При значительных глубинах для повышения устойчивости бортов возможно устройство ограждения из двух или трех рядов свай. В некоторых случаях применяется комби-

нированный вариант, когда основную нагрузку воспринимают буронабивные армированные сваи, а грунтоцементные сваи являются бетонной заборкой, обеспечивающей водонепроницаемость стен котлована (рис.1, г).

Армирование грунтоцементных свай обычно производится центральными расположенными трубами диаметром 70-150 мм или одиночным арматурным стержнем.

Для таких схем армирования автором получены формулы, позволяющие вычислить предельный момент сечения сваи. Полный вывод формул для всех конструкций ограждения из отдельно стоящих, касательных или взаимосекущихся свай можно посмотреть в Интернете на сайте предприятия www.jet-grouting.ru.

Предприятием ЗАО «ИнжПроектСтрой» были выполнены работы по устройству ограждения котлована многоуровневой автостоянки по ул. Мытная в Москве по проекту, разработанному ООО «Инженерное бюро Юркевича». Для обеспечения устойчивости бортов проектной организацией было предусмотрено устройство вертикальных и наклонных свай (рис.2).

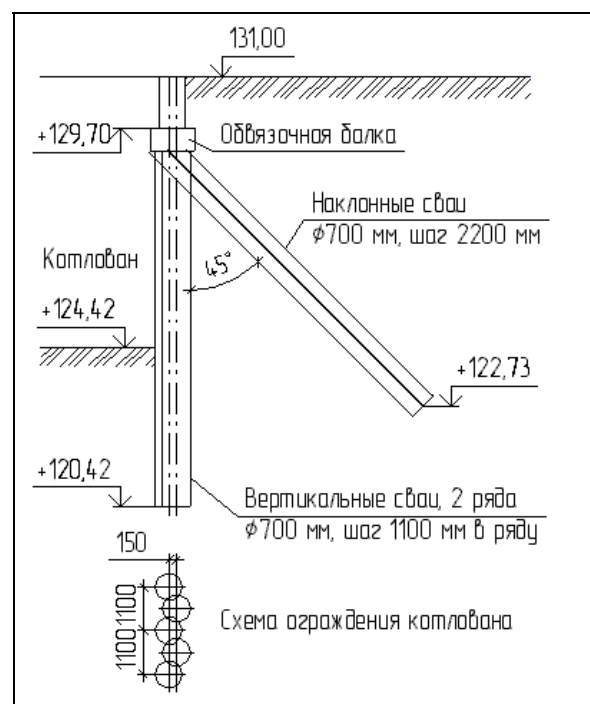


Рис.2. Схема ограждения котлована.



Фото 3. Фирма «SOLETANCHE» при посещении объекта высоко оценила профессиональный уровень российских проектировщиков и строителей. На снимке (слева направо): генеральный директор Жан-Пьер Жубэ, Юркевич П.Б., Малинин А.Г.

Устройство свай выполнялось технологическим комплексом в составе: буровая установка RAPTOR TWS1400, миксерная станция MC-10 и цементировочный насос TW351. Устройство свай диаметром 800-850 мм выполняли в технологическом режиме струйной цементации Jet1 при давлении нагнетания цементного состава 400-450 атм.

Безаварийная разработка грунта в котловане доказала верность решений проектной организации, а также высокое качество выполненных строительных работ. Это обеспечило устойчивость бортов котлована без сооружения дополнительных расстрелов, подкосов, анкеров и др. и в последующем значительно облегчило выполнение бетонных работ в котловане (фото 1-3).

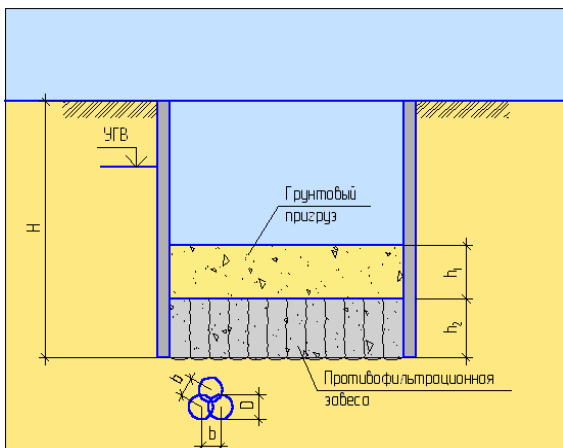


Рис.3. Устройство горизонтальной противофильтрационной завесы.

3. Устройство горизонтальной противофильтрационной завесы.

В тех случаях, когда естественный слой водоупора залегает на значительной глубине, технология струйной цементации грунтов позволяет в обводненном грунтовом массиве сформировать слой искусственного водоупора из пересекающихся грунтоцементных свай (рис.3).

Устройство завес выполняется с дневной поверхности строительной площадки, либо с промежуточной отметки пионерного котлована. Глубина пионерного котлована ограничивается уровнем грунтовых вод. Последнее решение не только резко сокращает общий объем бурения, но существенно его облегчает, так как в этом случае удаляется верхний слой грунта, содержащий остатки старых фундаментов, строительный мусор и т.п.

Толщина завесы определяется из условия, что вес тела завесы должен быть равен силе давления грунтовой воды на подошву завесы. При недостаточной толщине завесу располагают так, чтобы над ней оставался пригруз из слоя грунта.

При проектировании параметров свай особое внимание должно уделяться определению шага свай $b = ID$,

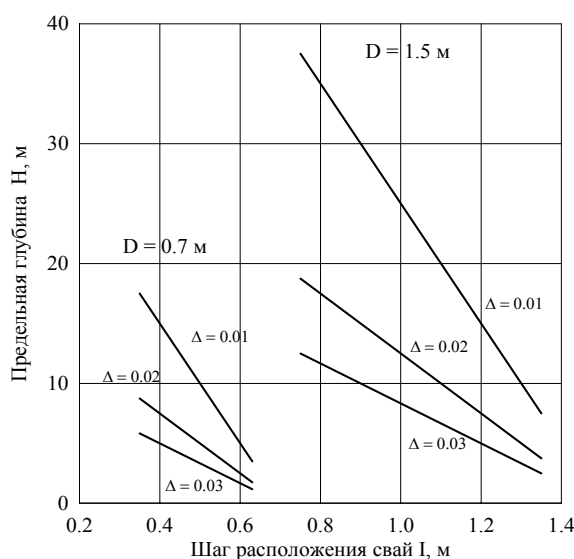


Рис. 4. Предельная глубина устройства горизонтальной завесы в зависимости от шага свай при различных отклонениях оси от вертикали.

$0 < I < 1$. Так как при бурении происходит отклонение оси свай от вертикали, то возможно появление областей, не перекрытых сваями, что приведет к поступлению воды в котлован.



Фото 4. Устройство противофильтрационной завесы в днище котлована.

На рис.4 показан график для определения предельной глубины котлована для свай диаметром 700 мм, устраиваемых по однокомпонентной технологии Jet1 (с применением только струи из цементного состава) и свай диаметром 1500 мм, устраиваемых по двухкомпонентной технологии Jet2 (цементный состав, сжатый воздух). Анализ графика показывает, что однокомпонентная технология Jet1 может быть использована только для сравнительно неглубоких котлованов. В практическом большинстве случаев целесообразным является применение технологии Jet2, которая не только обеспечивает необходимую водонепроницаемость, но и в 4-6 раз позволяет снизить объем буровых работ, а следовательно, время и стоимость устройства противофильтрационной завесы.

Фото 4, 5 иллюстрируют процесс устройства противофильтрационной завесы предприятием «ИнжПроектСтрой» в котловане площадью 2900 м² строящейся многоуровневой автостоянки по Озерковской набережной в г. Москве.



Фото 5. Вид грунтоцементных свай при проходке опытного шурфа.

Грунты представлены обводненными супесями. Глубина грунтовых вод – 5,5 м, поэтому для снижения объема буровых работ был вскрыт пионерный котлован глубиной 5,0 м. Глубина бурения свай составляла 5,4 м при мощности противофильтрационной завесы 1,0 м.

Проходка опытного шурфа показала, что диаметр грунтоцементных свай, сооруженных по технологии Jet2, составил 1,5-1,7 м при шаге свай 1270 мм.

Применение буровой установки «RAPTOR», оснащенной специальным буровым инструментом, позволило достигнуть производительности 30-35 свай в смену.

Контактные телефоны:
(3422) 196-103, 196-361

Литература:

1. Малинин А.Г. Применение струйной цементации в подземном строительстве // Подземное пространство мира, 2000, №2.
2. Малинин А.Г. Применение технологии струйной цементации грунтов в транспортном строительстве // Метро и тоннели. 2001, №6.
3. Малинин А.Г. Обоснование расхода цемента при струйной цементации грунта // Подземное пространство мира, 2003, №3.