

В. И. ПЕТРЕНКО (Киевметрострой)

НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ТЕХНИКА ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ОАО «КИЕВМЕТРОСТРОЙ» СЛОЖНЫХ ОБЪЕКТОВ

В роботі представлено результати широкого впровадження нових технологій і техніки при будівництві Київметробудом складних об'єктів.

В работе представлены результаты широкого внедрения новых технологий и техники при строительстве Киевметростроем сложных объектов.

In the article the results of wide introduction of new technologies and technique in construction of difficult objects by the Kievmetrostroy are presented.

В настоящее время в Украине строятся сложные объекты различного назначения, включая метрополитены, мосты, путепроводы, подземные комплексы и гидроаккумулирующую электростанцию. В связи с этим необходимо применять новую технику и технологии строительства, обеспечивающие высокий уровень эффективности и безопасности работ. Так за последние 2005–2009 гг. ОАО «Киевметрострой», включающее ЗАО «Метрострой», выполнены следующие виды работ:

1. технология «стена в грунте», подразделяемая на а) традиционную монолитную и б) отдельно стоящие секции – так называемые «баретты»;
2. буросекущие, буронабивные и буроинъекционные сваи;
3. анкерное крепление котлованов;
4. бурение скважин с установкой обсадных труб;
5. искусственное понижение уровня грунтовых вод;
6. разработка грунта в котлованах любой сложности;
7. щитовая проходка тоннелей;
8. строительство промышленных зданий и сооружений;
9. строительство многоэтажных жилых домов.

«Киевметрострой» и «Метрострой» способны решать сложные инженерные задачи при строительстве различных сооружений и строят весь комплекс сооружений метрополитена, горные, железнодорожные и специальные тоннели в Украине и ряде государств СНГ.

За последние годы широкое распространение получила эффективная технология строительства станций метрополитенов с приме-

нием специального способа «стена в грунте». При этом ширина стены составляет 620 и 820 мм, глубина – до 35 мм и длина секции («захватки») – 1800...4200 м.

Технология по устройству «стены в грунте» была успешно применена на таких объектах в г. Киеве как НСК «Олимпийский» протяженностью 320 пог. м и при сооружении станций Киевского метрополитена:

- ст. «Бориспольская» – 280 пог. м;
- ст. «Вырлица» – 215 пог. м;
- ст. «Красный хутор» – 230 пог. м;
- ст. «Демеевская» – 350 пог. м;
- ст. «Голосеевская» – 680 пог. м;
- ст. «Васильковская» – 1360 пог. м.

Кроме того, данная технология внедрена:

- при строительстве ТРК «Серебряный бриз» – 515 пог. м;
- при сооружении монтажно-демонтажных камер на технологических участках метрополитена – 250 пог. м;
- при сооружении монтажно-демонтажных камер главного канализационного коллектора – 180 пог. м.

Для выполнения земляных работ широкое распространение получили погрузчики фронтальные типа ХG953L (емкость ковша 3,6 м³), ZL-50 (емкость ковша 4,0 м³) и ХG916А (емкость ковша 2,4 м³), а также экскаваторы типа KOMATSU PC2102 (емкость ковша 0,25 м³), ISUZU (емкость ковша 0,4 м³), JCB 220 (емкость ковша 0,25 м³), JCB 8080 (емкость ковша 0,2 м³), HYUNDAI R55W-7 (емкость ковша 0,15 м³), KUBOTA KH-151 (емкость ковша 0,125 м³).

Ограждение котлованов выполняется буросекущими сваями, шпунтом Ларсена и двутавровой балкой с деревянной затяжкой.

Для создания свайных фундаментов, укрепления откосов и омоноличивания оснований котлованов применяются буронабивные сваи диаметром 250...600, 700, 800 и 1000 мм и глубиной 35 м, а также буроинъекционные сваи диаметром 620 и 820 мм и глубиной до 20 м.

Крепление стенок котлованов осуществляется с использованием стержневых и прядевых анкеров диаметром до 260 мм и глубиной бурения до 30 м. При этом их несущая способность составляет от 20 до 100 т·с. При строительстве котлованов на ряде станций Киевского метрополитена вместо их крепления растрелами были использованы анкера длиной 24...26 м. Так на станции «Демеевская» было поставлено 320 анкеров, на станции «Голосеевская» – 1080, на станции «Васильковская» – 1540.

Бурение скважин и разработка траншей при применении способа «стена в грунте» выполняются с помощью специальных буровых установок типа Casagrande С6 (микросваи, анкерное крепление и струйное закрепление грунтов), Casagrande В125 (буроинъекционные сваи, «стена в грунте» шириной 620 мм), Casagrande В250 («стена в грунте» шириной 620 и 820 мм), KLEMM 806-3, KLEMM 806-D (анкерное крепление).

Для обеспечения проходки горных выработок в неустойчивых грунтах и повышения несущей способности оснований под фундаментами зданий и сооружений применяется химическое закрепление грунтов. Для этого с помощью иньекторов в грунты производится закачка различных растворов. При необходимости повышения надёжности конструкций подземных сооружений применяется цементация разуплотнений за обделкой. Сооружение буронабивных и буроинъекционных свай предназначено для усиления оснований и фундаментов при необходимости стабилизации незагружающих осадков, а также для усиления фундаментов, кирпичных кладок и контактов фундамента с основанием при реконструкции старых зданий.

Традиционная технология щитовой проходки постоянно совершенствуется, и применяются новые тоннелепроходческие комплексы типа WIRTH TB 8-628-n-ERW с диаметром передовой машины 6,04 м и HERRENKNECHT AG-TBM-6,350 EPB диаметром 6,15 м. С помощью этих комплексов на протяжении 2005 – 2009 гг. сооружено 5,2 км перегонных тоннелей Курневско-Красноармейской линии Киевского метрополитена от ст. «Лыбидська» до ст. «Васильківська».

Важное значение при ремонте, реконструкции и усилении фундаментов существующих зданий имеет выбор эффективной технологии и техники. При этом проведение реставрационных работ по сохранению памятников архитектуры, реконструкции зданий и сооружений в условиях плотной городской застройки требует применения строительных технологий, не оказывающих негативного влияния на состояние сооружений, усиливаемый фундамент и основание под ним. В этом случае наиболее рациональным способом усиления часто оказывается применение технологий устройства буроинъекционных свай малого диаметра с возможностью иньектирования слабых зон фундаментов или выполнения струйного иньектирования, а при наличии прочных фундаментов – вдавливания свай.

При производстве работ по усилению фундаментов используются малогабаритные высокопроизводительные буровые установки MINIFOR, KLEMM, HAUSHERR. Их технические параметры позволяют производить бурение под любым углом на глубину до 50 м. Кроме того, установки MINIFOR и KLEMM имеют небольшие габаритные размеры, позволяющие проводить работы из подвалов или внутренних помещений зданий.

Для предотвращения развития опасных деформаций зданий и сооружений в определённых условиях технически обоснованным и экономически целесообразным вариантом технического решения является укрепление основания, как традиционными способами (цементация, глинизация, силикатизация и др.), так и способом замены слабого грунта грунтоцементным камнем по технологии струйного иньектирования (Jet Grouting). При этом используется техника позволяет в результате выполнения струйного иньектирования создавать из грунтоцементного камня вертикальные или наклонные экраны из отдельно расположенных или взаимопересекающихся (секущих) свай (колонн) диаметром от 0,5 до 1,2 м на требуемой глубине.

Фирмы ОАО «Киевметрострой» и ЗАО «Метрострой» применяют итальянское оборудование для буроинъекционных свай диаметром от 0,6 до 1,5 м. Скорость выполнения таких свай – до 100 м³ в сутки.

Технология создания буроинъекционных свай заключается в следующем (рис. 1). При этом осуществляется бурение скважин, их обсадка, заполнение бетонной смесью, армирование и последующее извлечение труб. В грунте

не оставляются обсадные трубы, он уплотняется, облегая сваю, и отсутствуют какие-либо возмущающие воздействия в виде ударов и вибрации. При производстве свай осуществляется контроль их целостности и несущей способности.

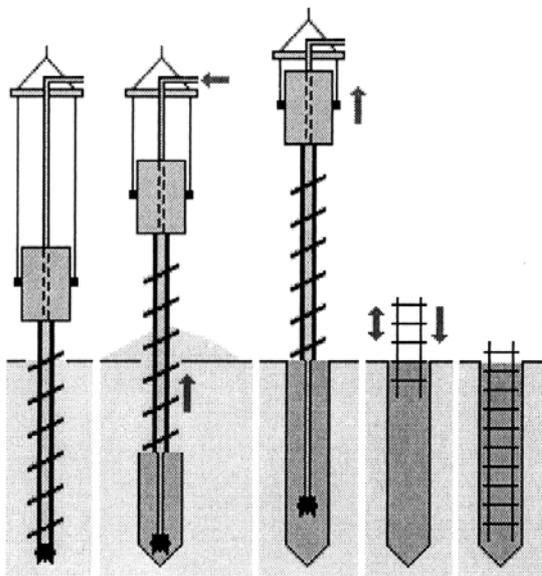


Рис. 1. Этапы технологии создания буринъекционных свай

Технология струйной цементации грунтов (Jet Grouting) появилась одновременно в трёх странах – Японии, Италии и Великобритании. Инженерная идея оказалась настолько плодотворной, что в течение последнего десятилетия технология струйной цементации широко распространилась по всему миру, позволяя не только более эффективно решать традиционные задачи, но и найти новые решения многочисленных сложных проблем в области подземного строительства.

Технология Jet Grouting заключается в использовании кинетической струи цементного раствора, направляемой на разрушение и перемешивание грунта в массиве (рис. 2 и 3).

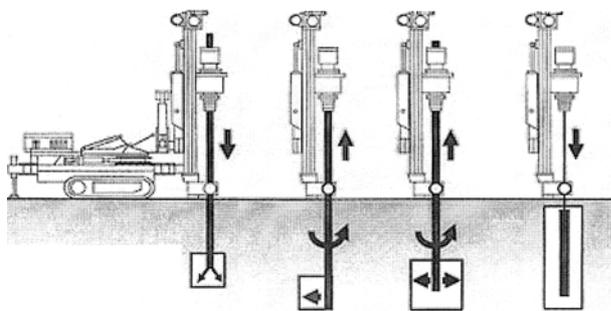


Рис. 2. Схема технологии струйной цементации

На первом этапе специально оборудованной под данную технологию буровой установкой

бурится лидерная (пилотная) скважина диаметром 73...120 мм.

Бурение производится до расчётной глубины, определяемой проектом, с предварительной промывкой водным раствором под давлением, не превышающим 5 МПа.

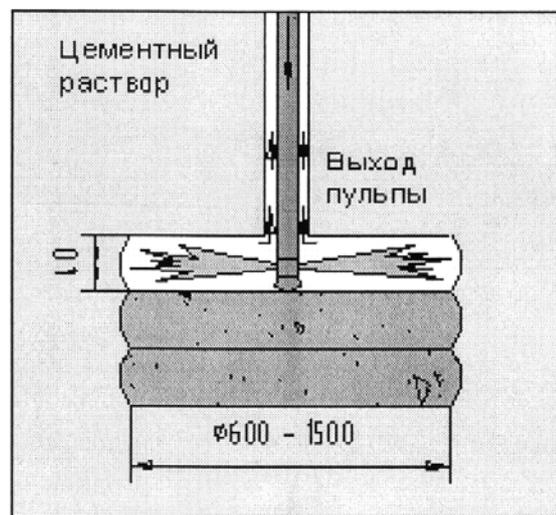


Рис. 3. Схема нагнетания цементного раствора

Вода подаётся непосредственно на режущий инструмент. На следующем этапе насосом высокого давления подаётся водоцементный раствор под давлением 40...50 МПа. Таким высоким давлением перекрывается канал орошения и открываются два отверстия, в которых установлены сопла диаметром 0,8...3,0 мм. При медленном вращении (10...25 об/мин) и медленном подъёме буровой колонны происходит разрезание и перемешивание грунта высокой кинетической энергией струи, которая истекает из вышеуказанных сопел. Изготовленные по этой технологии сваи могут армироваться (рис. 4).

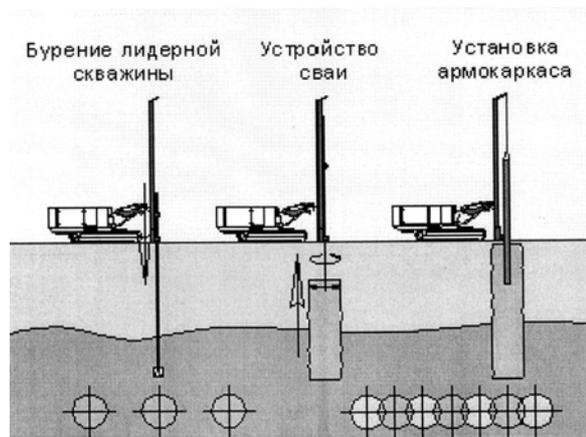


Рис. 4. Порядок армирования свай

По сравнению с традиционными технологиями инъекционного закрепления грунтов,

струйная цементация позволяет укреплять практически весь диапазон грунтов – от гравийных отложений до мелкодисперсных глин и илов. Ориентировочные прочности свай представлены на рис. 5.

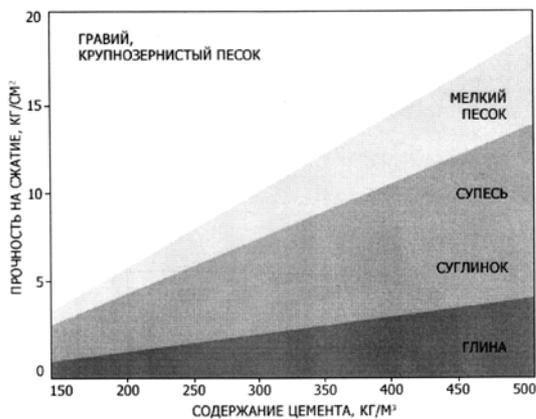


Рис. 5. Зависимость прочности свай на сжатие от содержания цемента в различных грунтах

Другим возможным преимуществом технологии является чрезвычайно высокая предсказуемость результатов укрепления грунтов. Это даёт возможность достаточно точно рассчитать геометрические и прочностные характеристики создаваемой подземной конструкции (свая, участок подпорной стенки, основание котлована строящейся станции и т.д.) и, соответственно, – трудозатраты, материалы и стоимость работ.

Область применения грунтоцементных свай включает в себя следующие практические приложения технологии:

- устройство одиночных свайных фундаментов;
- устройство ленточных фундаментов и сплошных фундаментных плит из взаимопересекающихся грунтоцементных свай;
- сооружение подпорных стен для повышения устойчивости склонов и откосов;
- закрепление слабых и обводненных грунтов вокруг строящихся городских подземных сооружений (колодцев, коллекторов, тоннелей);
- сооружение противодиффузионных завес.

Преимущества данной технологии заключаются в следующем:

- высокая скорость сооружения грунтоцементных свай;
- возможность работы в стеснённых условиях – в подвальных помещениях, вблизи существующих зданий, на откосах и т.д.; в этом случае на объекте устанавливается только ма-

логабаритная буровая установка, а весь инъекционный комплекс располагается на более удобной удалённой площадке;

- отсутствие ударных нагрузок, т.к., в отличие от забивания железобетонных свай, устройство грунтоцементных свай не сопровождается негативным ударным воздействием на фундаменты близко расположенных зданий и сооружений.

Инъекционное закрепление песчаных водонасыщенных грунтов осуществлялось ОАО «Киевметрострой» по трассе строительства перегонных тоннелей от ст. «Харьковская» до ст. «Бориспольская», а также при укреплении слабых грунтов основания котлована ст. «Демеевская» Куреневско-Червоноармейской линии.

Разнообразные варианты строительства объектов различного назначения, в том числе и подземных, требуют создания новых технологий, к числу которых относится технология укрепления оснований грунтовыми анкерами (рис. 6).

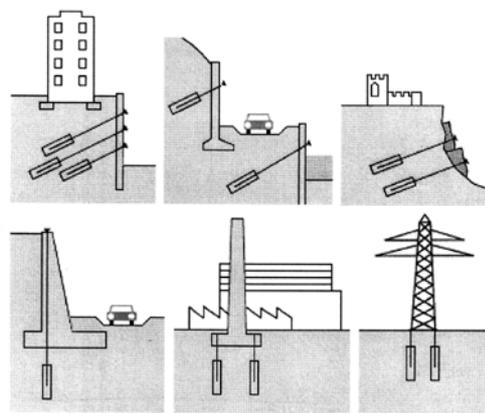


Рис. 6. Некоторые варианты применения анкеров

При этом для восприятия внешних выдёргивающих усилий при возведении различных сооружений и строительных конструкций применяют заглубленные в грунт анкерные устройства, различающиеся по назначению, конструкции, технологии устройства и применяемым материалам. Грунтовые анкера находят широкое применение в тех случаях, когда возникает необходимость в устройстве глубоких котлованов в непосредственной близости от существующих зданий и сооружений и обеспечении устойчивости оползнеопасных склонов, высоких подпорных стен.

В арсенале ОАО «Киевметрострой» имеются различные технологические решения по устройству грунтовых анкеров от буроинъекционных до механических с различными расчётны-

ми нагрузками. В практике выполнения работ ЗАО «Метрострой» широкое распространение получили буроинъекционные грунтовые анкера, изготавливаемые по технологии французской фирмы «Soletanche-Bachy» и выдерживающие нагрузку 70 т·с и более.

Таким образом, в современных условиях созданы и нашли широкое применение в Украине новые технологии и техника, позволяющие решать сложные задачи строительства и реконструкции важных подземных и поверхностных объектов различного назначения.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Петренко, В. И. Строительство подземных сооружений метрополитена на Украине в слож-

ных горнотехнических и гидрогеологических условиях [Текст] / В. И. Петренко // Тр. междунар. конф. «Подземный город: Геотехнология и архитектура» (Санкт-Петербург, 8-10 сентября 1998 г.) – СПб.: Тема, 1998. – С. 308-309.

2. Петренко, В. И. Розрахунок трисклепінчастих станцій метрополітену глибокого закладення [Текст] / В. И. Петренко, В. Д. Петренко, О. Л. Тютюкін. – Д.: Наука і освіта, 2004. – 176 с.
3. Петренко, В. И. Современные технологии строительства метрополитенов в Украине [Текст] / В. И. Петренко, В. Д. Петренко, А. Л. Тютюкін. – Д.: Наука і освіта, 2005. – 252 с.

Поступила в редколлегию 19.03.2010.

Принята к печати 26.03.2010.