

М. И. НИКИТЕНКО, В. А. СЕРНОВ (Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь); И. Л. БОЙКО (ЧПП «Моноракурс проект», БНТУ, Беларусь); Н. В. ЧЕРНОШЕЙ (ОАО «Буровая компания «Дельта», Беларусь)

ПРОБЛЕМЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И СТРОИТЕЛЬСТВА ПОДЗЕМНЫХ И ТРАНСПОРТНЫХ СООРУЖЕНИЙ В УСЛОВИЯХ БЕЛАРУСИ

В статті викладено досвід проектування та влаштування підземних та транспортних споруд, огорожень глибоких котлованів у стислих умовах забудови міст на прикладах різних об'єктів у Республіці Білорусь.

В статье отражен опыт проектирования и устройства подземных и транспортных сооружений, ограждений глубоких котлованов в стесненных условиях городской застройки на примерах различных объектов в Республике Беларусь.

The experience of design and erecting of underground and transport structures, fencing deep excavations in cramped urban conditions on the examples of various projects in the Republic of Belarus is presented in the paper.

Проблемы проектирования и строительства подземных и транспортных сооружений приобретают особую актуальность в условиях все возрастающей интенсивности застройки городских территорий в Беларуси. Вызвано это значительным ростом количества наземного транспорта в городах, строительством новых веток метро и уплотнением существующей застройки. Такое положение потребовало применения новых конструктивных решений, современного оборудования, совершенствования методик расчета с использованием новых программных комплексов для расчетов. Трудности при проектировании и строительстве создают и сложные инженерно-геологические условия.

Проблема взаимного влияния транспортных сооружений с учетом последовательности их возведения возникла при прокладке 3-й линии метрополитена и связанной с этим реконструкцией мостового перехода через пр. Дзержинского в г. Минске. Вначале предполагалось первоочередное возведение мостового перехода, а затем проходка тоннелей метро под ним. Основанием под опоры перехода служат буронабивные сваи с отметкой острия ниже тоннелей метрополитена. На стадии проработки проектного решения потребовалось оценить величины отрицательного трения по боковой поверхности свай за счет образующейся при проходке тоннелей мульды проседания грунтового массива со снижением их несущей способности. Такая оценка выполнялась с использованием программного комплекса PLAXIS (рис. 1, 2). Для определения оптимальной последовательности возведения сооружений оце-

нивалось также влияние свайных фундаментов мостового перехода на тоннели метрополитена для случая, когда в первую очередь выполняется проходка тоннелей.

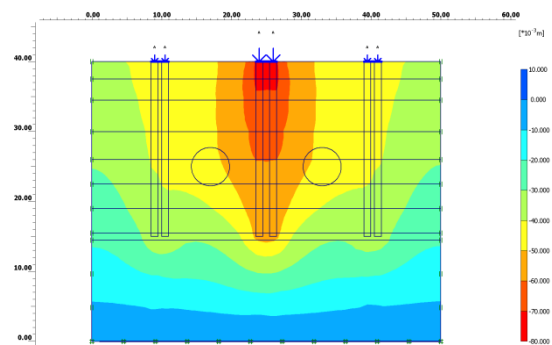


Рис. 1. Вертикальные перемещения грунта в основании фундаментов (до устройства тоннелей)

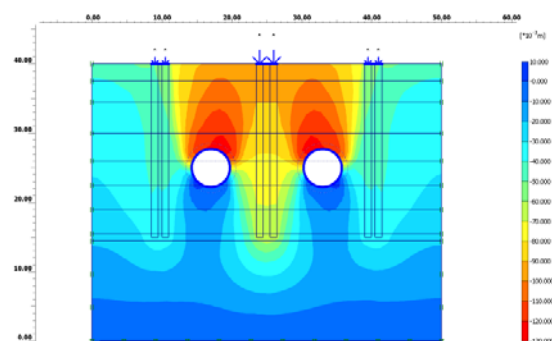


Рис. 2. Вертикальные перемещения грунта в основании фундаментов с учетом мульды проседания в процессе устройства тоннелей

Выполненные расчеты позволили установить величину взаимного влияния сооружений, оптимальную длину свай исходя из их несущей способности, а также оценить влияние свайных

фундаментов под опоры мостового перехода на обделку тоннелей метрополитена.

Реконструкция цирка в г. Минске на берегу р. Свислочь потребовала выполнить заглубленный объем под магазин сменных арен при расположении уровня подземной воды на отметке подошв существующих фундаментов, что на 3,44 м выше дна проектируемого котлована. Основание фундаментов сложено песчаными грунтами с большими коэффициентами фильтрации. Устройство водопонижения здесь могло вызвать значительные деформации фундаментов и существующих конструкций здания цирка. Положение усугублялось невозможностью использования крупногабаритной буровой техники для устройства свай в стесненных габаритах внутри здания. При научном сопровождении сотрудников кафедры «Геотехника и экология в строительстве» БНТУ разработан проект создания противофильтрационной ванны со стенами и днищем из пересекающихся свай и цилиндрических элементов соответственно, выполняемых по струйной технологии посредством высоконапорной инъекции цементного раствора (рис. 3). Сваи ограждения ванны и примыкающего котлована предусмотрены Ø 800 мм с длинами соответственно 9,25 и 4,0 м (рис. 4, 5). В стесненных габаритах для их армирования применены высокопрочные полые стержни с винтовой накаткой типа «Титан», соединяемые по длине секциями при помощи навинчиваемых муфт. Цилиндрические элементы водонепроницаемого днища для исключения попадания воды в котлован предусмотрено диаметрами 1000 мм с их взаимным пересечением.



Рис. 3. Устройство буроинъекционных свай для противофильтрационной ванны

Высоконапорная цементация (струйная технология) нашла применение и при строительстве канализационного коллектора «Центр» в

г. Минске. Закрепление грунтов струйной цементацией у наружной стенки колодца для входа и выхода проходческого щита выполнялось для исключения вывалов грунта.

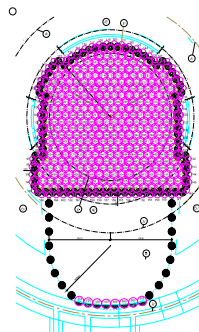


Рис. 4. Схема расположения буроинъекционных свай в составе стен и днища ванны, а также ограждения котлована для магазина сменных арен

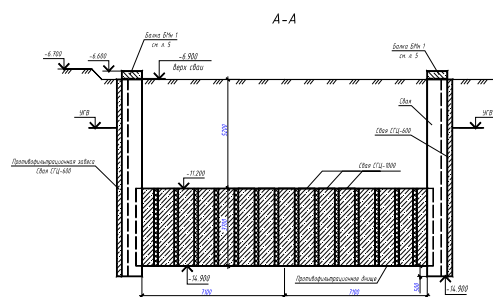


Рис. 5. Продольный разрез ванны

При выполнении глубоких котлованов для станций и перегонных тоннелей Минского метрополитена и других строительных объектов вблизи от существующих зданий и сооружений применяют различные конструктивные решения ограждений исходя из специфики инженерно-геологических и гидрогеологических условий [1]. Чаще всего обычно применяют свайно-балочный вариант (так называемое берлинское крепление). Примером может служить ограждение котлована для многоэтажного административного здания на ул. Шорной в г. Минске (рис. 6), разработанное ОДО «Моно-ракурс» [2]. Его устойчивость вблизи от окружающих строений удалось обеспечить без анкерования за счет наклонной насыпи внутри и допустимости смещений ограждения в сторону котлована.

Недостатки свайно-балочных ограждений связаны с большим расходом дефицитных стальных профилей для опор и древесины для заборки между ними, а также с вредными динамическими воздействиями на окружающие строения при забивке двутавровых балок. Снизить такие воздействия позволяет погружение

двутавров в лидерные скважины до уровня дна котлована при дальнейшей забивке или задавливании по длине заделки ниже этого уровня.



Рис. 6. Безанкерное свайно-балочное крепление глубокого котлована

Ограждения котлованов в виде траншейной или свайной стены, устраиваемые методом «стена в грунте», лишены указанных недостатков. Они могут выполнять функции ограждений котлованов, одновременно и несущих конструкций для подземных сооружений, а также и противофильтрационных при заделке в водупор. При проходке выработок для них под защитой глинистой суспензии исключаются динамические воздействия, а сами работы можно выполнять в непосредственной близости от существующих строений. К сожалению, наиболее эффективный вариант устройства траншейных стен у нас ныне утрачен в связи с несоблюдением технологических регламентов. Вместо него стали применять более трудоемкий и дорогой вариант из буронабивных свай.

В котлованах глубже 7 м устойчивость ограждающих стен при восприятии бокового распора грунта с весом пригрузки на поверхности обеспечивают посредством одного или нескольких ярусов расстрелов или анкеров, что уменьшает требуемую глубину защемления стен ниже дна котлована.

Буроинъекционная технология выполнения анкеров, свай и упрочнения грунтов в основании зданий и сооружений особо важна для крепления ограждений котлованов и обеспечения сохранности находящихся возле них строений [1, 2].

Освоение данной технологии было начато в 1980 году при анкерованиях траншейных стен по ул. Харьковской в г. Минске. За истекший с того времени период богатейший опыт ограждений глубоких котлованов накоплен на объек-

тах Минского метрополитена и ряде других сооружений. Наибольший объем анкерования применен при возведении огромного котлована глубиной до 18 м (рис. 7) для подземного общественно-торгового центра с парковкой в г. Минске [2, 3]. Он разрабатывался вблизи от зданий и сооружений, имеющих историческую ценность и социальную значимость (педагогический университет, красный костел, гостиница «Минск», дом правительства, управление капитального строительства, комитет градостроительства и архитектуры).

Грунтовые условия здесь представлены песками с разной крупностью, плотностью и мощностью (3...18 м), подстилаемыми моренными супесями твердой консистенции с гравийно-галечниковыми включениями до 30 %. Грунтовые воды по глубине котлована отсутствуют.



Рис. 7. Общий вид котлована на пл. Независимости в г. Минске с заанкеренными ограждающими стенами при возведении в нем конструкций общественно-торгового центра с парковкой

Проект временного крепления разработан ОАО «Минскметропроект» при научном сопровождении работ сотрудниками кафедры «Геотехника и экология в строительстве» БНТУ. Котлован ограждали металлическими двутаврами балками с забиркой из деревянных брусьев (рис. 8) и стенами из соприкасающихся буронабивных свай, а крепили напрягаемыми буроинъекционными анкерами с тягами на отрезках корней в геотестильных дренирующих рукавах по а.с. № 1392203 [4] (рис. 9).

Вертикальные балки из двутавров В61 погружали с шагом 1,8 м вибратором в предварительно пробуренные лидерные скважины, а далее добивали на проектные глубины до 23 м. Возле зданий УКСа, пединститута и подземных переходов ограждения выполняли из буронабивных свай.



Рис. 8. Заанкеренные свайно-балочные стены ограждения котлована

а)



б)



Рис. 9. Сборка анкерных тяг по а.с. № 1392203:
а) – на дне котлована; б) – погружение в скважину

За счет качественной опрессовки окружающего грунта при управляемом процессе закачки цементного раствора повышали несущую способность анкеров, сокращали расход цемента и сроки набора цементным камнем даже в глинистых грунтах. Для ускорения твердения инъекционного раствора применялась добавка поли-

металлического водного концентрата по СТБ 1113-98. Это позволило натягивать анкеры через 7 суток после инъекции в моренных супесях и 2,5 суток в песках. Без добавки эти сроки составляли соответственно 28 и 14 суток.

Контрольные и приемочные испытания анкеров выполняли группами по мере их изготовления и набора прочности цементным камнем корней.

Расчеты с использованием метода конечных элементов в упругопластической постановке и оптимизация крепления ограждающих стен дали возможность уменьшить количество ярусов анкеров и значительно ускорить работы. Введение в расчеты характеристик грунта, полученных испытаниями по схеме консолидированно-дренированного сдвига, позволило на 22,4 % уменьшить общее количество анкеров по сравнению с первоначальным вариантом (с 2137 до 1659 шт.).

Буроинъекционные анкеры применены в конструкции одного из фундаментов 120-метрового покрытия Летнего амфитеатра в г. Витебске, расположенного в котловине оврага «Гапеев ручей» (квартал улиц Ленина, Гоголя и пр. Фрунзе). Южная часть участка со стороны улицы Гоголя в зоне расположения фундамента ФМ1 имеет крутой склон высотой до 5,0 м с наклоном 30...45°.

В отечественной и мировой практике при устройстве фундаментов таких сооружений традиционно используют глубокие опоры. Вариант фундаментов на набивных сваях с инъекционной опрессовкой грунта под их острием и восприятием части горизонтального распора при помощи наклонных буроинъекционных напряженных анкеров по предложению кафедры «Геотехника и экология в строительстве» БНТУ был разработан ОДО «Моноракурс». Под каждым фундаментом устроены вертикальные Ø 630 мм и наклонные буронабивные сваи Ø 426 мм с длинами 11..12 м.

Опрессовку грунта под фундаментом выполнили инъекцией цементного раствора через устроенные в плите трубки.

При устройстве фундамента ФМ1 в качестве опалубки для него и поддержания склона выполнена стена из буронабивных свай Ø 630 мм длиной до 10 м. В целях ускорения строительства для ФМ1 применено 136 вертикальных забивных свай сечением 35x35 см с длинами по 8,0 м, а также 26 буроинъекционных анкеров. В тело ФМ1 заложены трубы (рис. 10), через которые затем бурили скважины для анкеров.



Рис. 10. Расположение труб в фундаменте ФМ1 для проходки скважин и устройства анкеров

Расчеты несущей способности, конструкции и рабочие чертежи постоянных предварительно напряженных буроинъекционных анкеров для восприятия горизонтальных распоров и уменьшения сдвиговых перемещений фундамента были выполнены ОДО «Моноракурс» под научным руководством кафедры «Геотехника и экология в строительстве» БНТУ.

Ею разработана технология сборки (рис. 11) и устройства анкеров в обводненных грунтах, проведены их испытания и выдано заключение о возможности восприятия проектных выдерживающих усилий.



Рис. 11. Сборка анкерных тяг для постоянных анкеров на стенде в условиях объекта

Поскольку некоторые из анкеров при испытаниях имели заниженную несущую способность, пришлось производить дополнительную закачку раствора между корнями и свободной частью по длине тяг по предложенной кафедрой технологии, что обеспечило возможность восприятия проектных усилий и избежать необходимости устройства дополнительных анкеров.

Примером ограждения из заанкеренных в одном уровне свайных стен служит устройство

котлована для здания ОАО «Приорбанк» во врезке на склоне между существующими зданиями по пр. Победителей в г. Минске (рис. 12). Здесь при устройстве свай и анкеров системы «Титан» применена струйная технология. При этом анкеры имели трубчатые тяги из высокопрочной стали с наружным винтовым профилем для натяжных гаек. Через эти полые тяги под большим давлением закачивали цементный раствор для создания уширенных корней. Все испытанные анкеры имели требуемую несущую способность по грунту.

а)



б)



Рис. 12. Ограждение котлована для здания ОАО «Приорбанк» по пр. Победителей в г. Минске:

- а) – анкерование верхнего монолитного железобетонного обвязочного пояса перед раскопкой котлована;
- б) – общий вид котлована в процессе возведения здания

Серьезные проблемы при высотном строительстве создают линзы и слои слабых, особенно водонасыщенных, грунтов в основании зданий. Ярким примером служат проблемы, возникшие при возведении на пятне снесенного кафе «Реченька» между существующим зданием магазина «Ромашка» и трассой второй линии метрополитена высотного административно-торгового центра с заглубленным свайно-

плитным фундаментом. Первоначальным проектом было предусмотрено устраивать плиту на среднем песке средней прочности в уровне дна котлована глубиной от 5,27 м до 5,8 м ниже уровня планировочной отметки. При этом ограждение котлована запроектировано в виде объединенных монолитным железобетонным поясом соприкасающихся буронабивных свай диаметром 350 мм с их заглублением на 5,7 м через толщу слабых грунтов в несущий слой из прочного водонасыщенного песка. Устойчивость ограждения нужно было обеспечить за счет одного яруса преднапряженных буронабивных анкеров с длинами по 11,5 и 12,5 м при длинах корней по 4,5 м в геотекстильных рукавах по а.с. № 1392203 [4] (рис. 13). Однако в слое торфа и обводненного грунта они оказались неработоспособными.



Рис. 13. Тяга анкера в геотекстильном рукаве по а.с. № 1392203

Грунтоцементные сваи в составе ограждения на данном объекте выполняли по струйной технологии (рис. 14) при перемешивании размываемого монитором грунта с закачиваемым под напором до 400 атм. цементного раствора. Сваи армировали по центру трубчатыми тягами типа «Титан», что не обеспечивало их работоспособности при изгибе от распора грунта, тем более что на верхних отрезках при перемешивании раствора с торфом прочность стволов была весьма низкой. Хотя стволы буронабивных свай армировали пространственными каркасами, но качество их бетонирования оказалось низким. В этой связи при отсутствии предварительного напряжения в анкерах произошло смещение ограждения со стороны магазина «Ромашка» в направлении котлована с прогибом обвязочного пояса, что вызвало деформации в стенах магазина. Положение ус-

губили динамические воздействия при устройстве в котловане вибронабивных свай.



Рис. 14. Общий вид струйной установки

На втором объекте проект ограждения котлована стеной из буронабивных свай $\varnothing 1000$ мм разработан институтом «Белпромпроект». В нем предусмотрено устройство «пионерного» котлована глубиной 1,3 м от поверхности земли, с отметки низа которого выполнялись буронабивные сваи.

В ряде случаев при высоких темпах строительства приходится отказываться от анкерных креплений за счет выполнения ограждений котлованов стенами из свай большого диаметра. Для уменьшения глубины их защемления ниже дна котлована надо прибегать к цементационному упрочнению грунта перед сваями под дном с помощью закачки цементного раствора или его перемешивания с грунтом посредством высоконапорной струйной технологии.

Характерными примерами служат ограждения из буронабивных свай $\varnothing 1000$ мм для подземной станции очистки воды на Белорусском металлургическом заводе в г. Жлобине (рис. 15), а также для технологической линии по производству листового полированного стекла мощностью 780 т стекломассы в сутки с цехом приготовления шихты на ОАО «Гомельстекло» в р.п. Костюковка Гомельской обл.



Рис. 15. Ограждение котлована из буронабивных свай диаметром 1,0 м на БАЗ в г. Жлобине

В активной зоне под подошвой фундамента на небольшой глубине ($\approx 0,5 \dots 1,5$ м) залегает песок пылеватый с низкими прочностными и деформационными характеристиками ($\varphi = 14^\circ$, $C = 4$ кПа, $E = 4$ МПа).

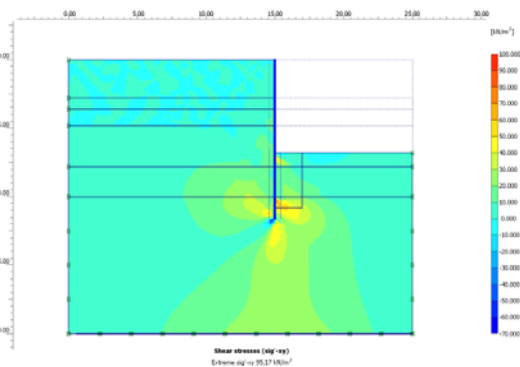
Этот слой слабого грунта находится и в активной зоне подпорной стены, воспринимая горизонтальное давление от удерживаемого откоса. Как показали расчеты, наличие слабого слоя в основании не обеспечивает надежной эксплуатации самого сооружения и удерживающей свайной стены при принятой длине свай. Для улучшения свойств грунта предусмотрено устройство армированного основания под подошвой фундаментной плиты, а вдоль свайной подпорной стены 2-х рядов упрочненных грунтоцементных столбов $\varnothing 1000$ мм с длинами по 4 м, выполненных методом струйной цементации. Такое конструктивное решение обеспечило устойчивость свободстоящей стены и позволило сократить длину свай при заглублении ниже дна котлована на 4,5 м. При анкерования диаметр свай можно уменьшить, но пришлось бы увеличить их количество, длины, время на устройство и напряжение анкеров перед раскопкой котлована, поскольку корни анкеров длительно набирают проектную прочность в моренных глинистых грунтах.

Выполненное по программе «СКАД» [2] численное моделирование по оценке устойчивости стен без анкеров при отсутствии (вариант 1) или наличии (вариант 2) упрочненных столбов ниже дна котлована (рис. 16 – 20) подтвердило эффективность проектного решения ограждения в первом варианте. При этом существенно уменьшены смещения ограждения в сторону котлована, которые нарастают нелинейно в зависимости от нагрузок (см. рис. 20).

Опыт проектирования и строительства ограждений котлованов позволяет сделать следующие выводы:

- траншейные и свайные стены весьма эффективны в качестве ограждений глубоких котлованов;
- анкерные крепления ограждающих глубокие котлованы стен позволяют уменьшать их толщины и заделку ниже дна, но увеличивают сроки выполнения работ;

а)



б)

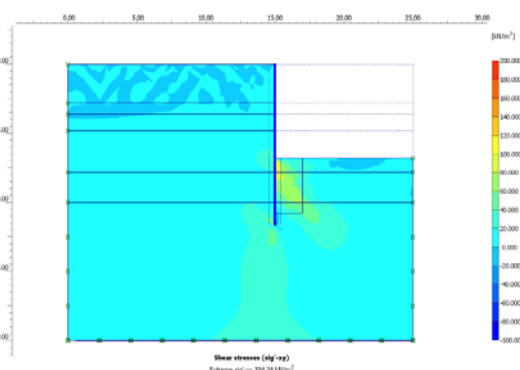


Рис. 16. Эпюры сдвиговых напряжений в основании подпорной свайной стены: а) – вариант 1, б) – вариант 2

- в ряде случаев ускорить возведение подпорных стен позволяет использование наклонных подкосов, увеличение диаметров свай и цементационное упрочнение грунтов, особенно слабых, ниже заделки под дном котлована.

В геотехнической практике Беларуси широкое применение нашла буроинъекционная технология [1], позволяющая упрочнять грунты в основании и успешно решать ответственные задачи при строительстве и реконструкциях многих объектов.

Впервые проходка скважин размывом грунта под напором воды применена в 1982 г. при устройстве буроинъекционных свай и упрочнении рыхлых линз песка в основании фундаментов на ряде объектов.

Более совершенные приемы струйной технологии стали возможны благодаря закупке специального импортного оборудования.

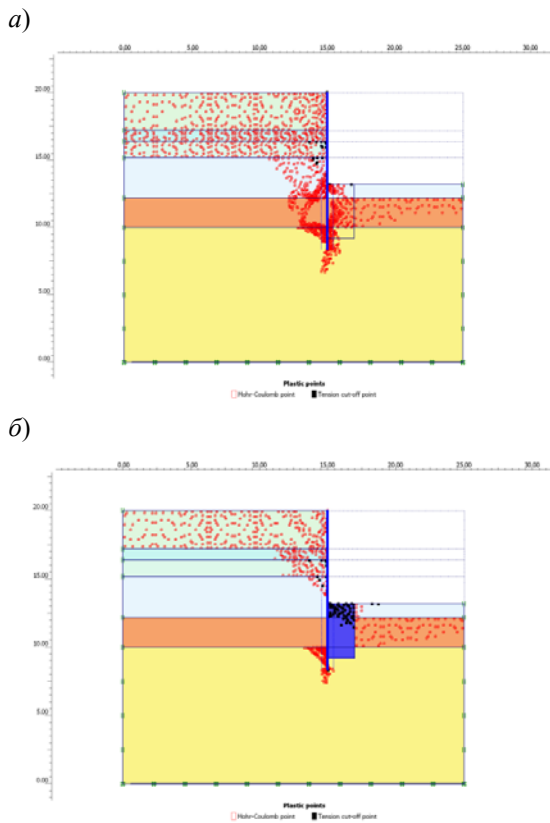


Рис. 17. Зоны развития пластических деформаций в основании подпорной свайной стены:
а) – вариант 1, б) – вариант 2

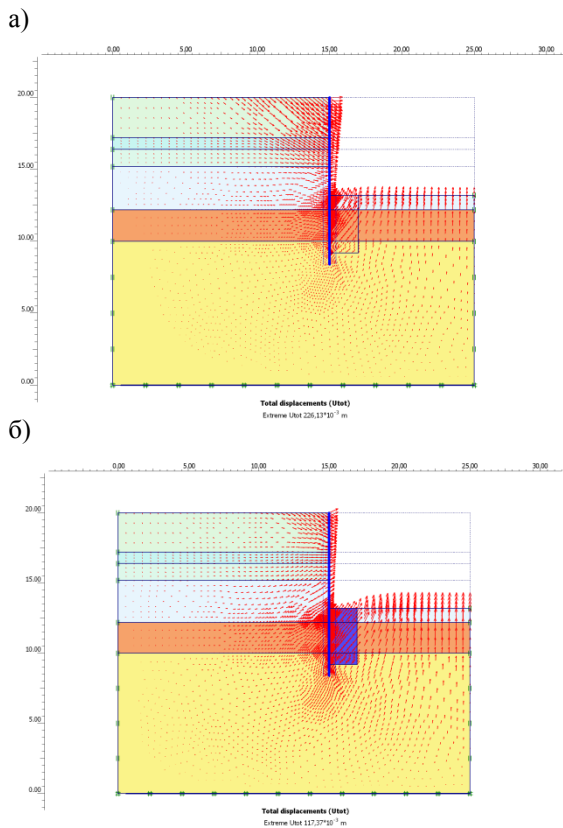


Рис. 18. Эпюры общих деформаций в основании подпорной свайной стены:
а – вариант 1, б – вариант 2

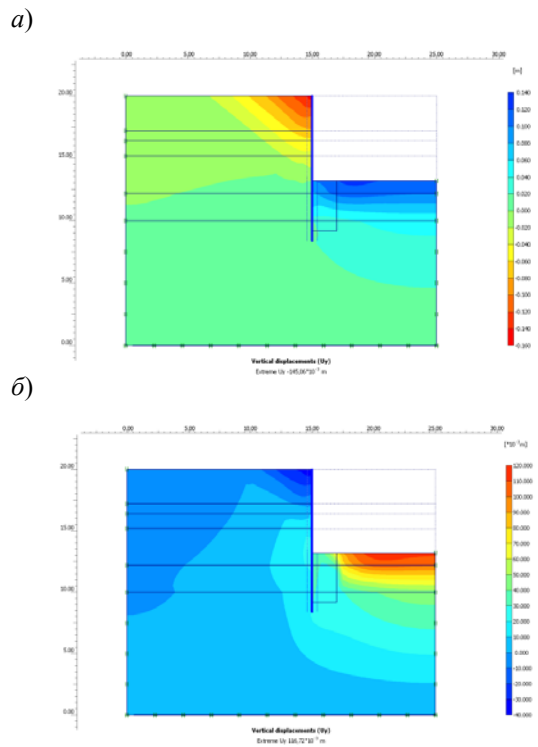


Рис. 19. Эпюры вертикальных деформаций в основании подпорной свайной стены:
а) – вариант 1; б) – вариант 2

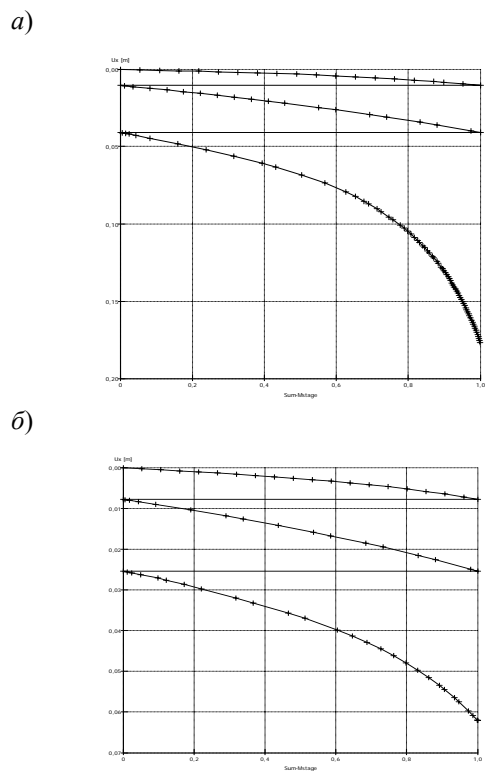


Рис. 20. Графики зависимости горизонтальных перемещений верхней точки подпорной стены от нагрузки для трех этапов отрывки котлована (нагрузки на каждой стадии даны в долях от максимальных):
а) – вариант 1; б) – вариант 2

Освоение этой технологии начато с выполнения свай диаметром до 80 см на глубину до 25 м для концевой опоры на склоне горнолыжной трассы в Силичах [3], а затем ее стали применять при решении других геотехнических задач на иных объектах.

При геотехнических реконструкциях все чаще применяется армирование грунта горизонтальными, вертикальными и наклонными армирующими элементами в виде свай. Впервые нагельное армирование грунта использовано при его раскопке ниже фундаментов здания возле котлована станции метро «Купаловская» (рис. 21).

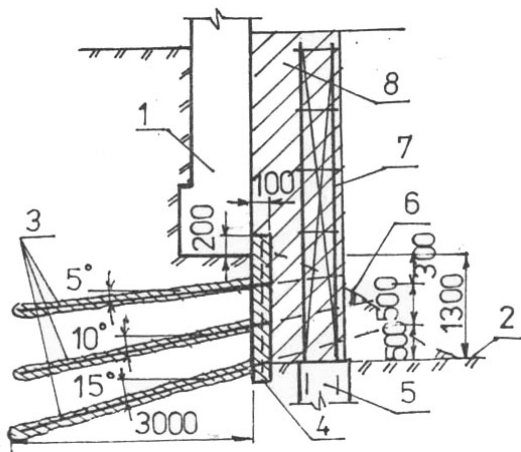


Рис. 21. Нагельные крепления под фундаментами дома возле котлована станции метро «Купаловская»

Буроинъекционные сваи применяют для предотвращения неравномерных осадок фундаментов и чрезмерных деформаций существующих сооружений от выполнения вблизи них горных работ. Отсечные свайные стены ограничивают зоны обрушения грунта у подземных выработок или котлованов возле строений (рис. 22).

Эффект таких конструкций проявляется в армировании, создании анизотропии свойств грунта и препятствий на пути волновых воздействий шума и вибрации в грунте. Они рассекают и гасят волны, особенно если в скважины добавлять отходы резины, гранулированный пенополистирол или другие вязкоупругие материалы.

Буроинъекционная технология позволяет эффективнее в сравнении с традиционными способами усиливать основания и фундаменты при геотехнических реконструкциях, обеспечивая экономичность и социальный эффект, возможность работы в стесненных условиях объектов без динамических воздействий на них, с

малым удельным расходом материалов и трудозатрат при высоких темпах строительства.

При выполнении буронабивных свай традиционными технологиями возникает образование рыхлого осадка (шлама) на забое скважин при их бурении шнеком, а также разупрочнение окружающего сваю водонасыщенного грунта под напором воды за счет разницы ее уровней снаружи и внутри скважины даже при ее проходке под защитой обсадной трубы.

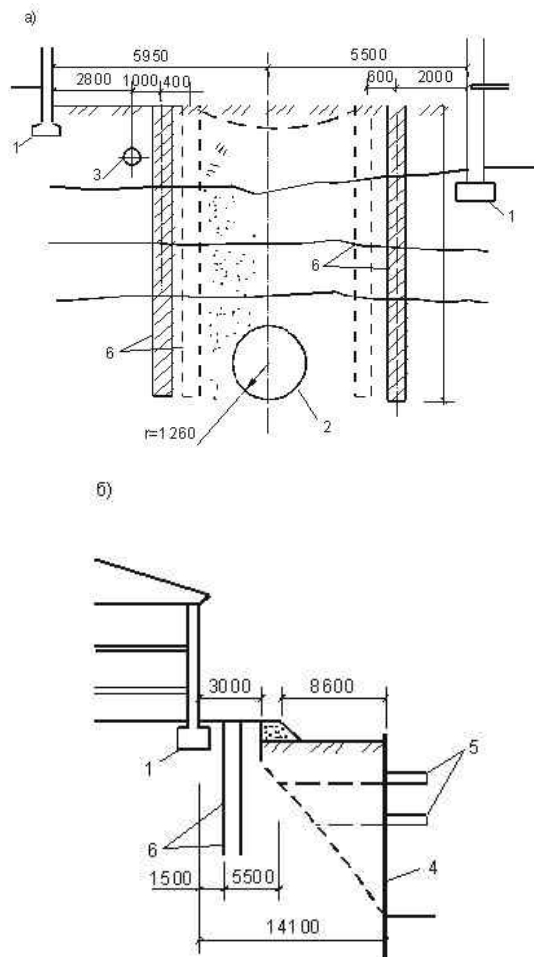


Рис. 22. Примеры устройства отсечных конструкций из свайных стен при производстве горных работ вблизи существующих зданий в Минске:
а) – проходка тоннелей между корпусами колледжа;
б) – возведение котлована станции метро «Октябрьская» возле музея; 1 – фундаменты; 2 – тоннель; 3 – трубопровод; 4 – ограждающая стена; 5 – трубчатые распорки; 6 – сваи отсечной конструкции

Это приводит к занижению несущей способности свай в силу малого сопротивления сжатию под нижними концами. В частности, при испытании одной из свай, выполненной в водонасыщенных грунтах по традиционной технологии в котловане под высотное здание на месте бывшего кафе «Реченька» по пр. Победи-

телей, была достигнута ее несущая способность по грунту всего 750 кН.

Усовершенствование технологии устройства свай с вибрационным погружением обсадной трубы и созданием внизу нее уплотненной песчаной пробки позволило исключить ее выдавливание и разупрочнение окружающего сваю водонасыщенного грунта. Последующее погружение внутренней трубы с заглушенным нижним торцом и образование пяты из спрессованного песка (рис. 23) позволили передать вдавливающие усилия на сваи до 2700 кН. При этом общие осадки у шести опытных свай составили от 16,5 до 24,5 мм при почти линейном их возрастании с увеличением вдавливающих нагрузок [3].



Рис. 23. Погружение внутренней трубы с заглушенным нижним торцом в обсадной трубе

При бетонировании стволов свай в обводненных грунтах весьма эффективен метод восходящего раствора проф. И. Н. Ахвердова: погруженную с теряемым башмаком обсадную трубу заполняют щебнем, в который снизу вверх закачивают цементный раствор по мере извлечения трубы.

В настоящее время ОАО «Буровая компания «Дельта» освоила и успешно применяет технологию SFA выполнения буронабивных свай большой несущей способности при помощи итальянского оборудования. При этом скважины бурят в любых, даже водонасыщенных, грунтах полым непрерывным шнеком, через который по мере его последующего подъема закачивается под избыточным давлением бетон, а в него сразу же погружается арматурный каркас. Данная технология при большой скоро-

сти устройства свай обеспечивает опрессовку грунта под давлением вдоль стволов под пятами без шламообразования (рис. 24).

а)



б)



в)



Рис. 24. Оборудование для устройства свай SFA:
а) – буровой станок со сплошным полым шнеком;
б) – комплект оборудования при устройстве свай;
в) – подъем шнека с бетоном на лопастях и погружение каркаса в скважину вибратором

По данной технологии с применением указанного оборудования выполнены и испытаны опытные сваи на площадке высотной секции жилого дома жилого массива «Брилевичи» и здания штаб-квартиры Национального олимпийского комитета Республики Беларусь в г. Минске.

В связи с изменчивостью характера напластований и свойств грунтов опытные сваи имели переменные длины (7,5; 8,5 и 9,5 м) и диаметры стволов (0,7 и 0,9 м). В грунтовых условиях площадки вдавливающие нагрузки на сваи доводились от 1800 кН до 3000 кН. При осадках 24 мм значения несущих способностей от 1606 кН до 2844 кН.

Оправдали себя противооползневые удерживающие конструкции, включающие постоянные буроинъекционные анкеры вместе с лучевыми дренами [1, 3] (рис. 25).

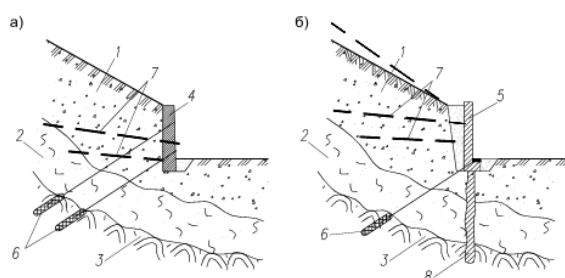


Рис. 25. Схемы заанкеренных противооползневых конструкций:

- а) – подпорная стена; б) – подпорная стена со сваями;
1 – оползневый массив; 2 – выветрелая скала;
3 – прочная скала; 4 – подпорная стена; 5 – свайный ростверк; 6 – анкеры; 7 – дренаи; 8 – сваи

Они применены на ряде объектов в Крыму, при спасении памятника архитектуры – Каложской церкви в г. Гродно возле р. Неман (рис. 26) и мемориального музея З. Азгура в г. Минске.

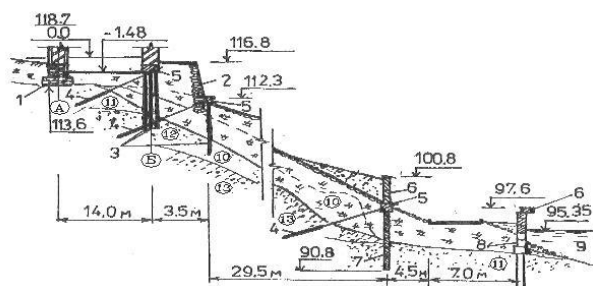


Рис. 26. Конструктивные противооползневые мероприятия по сохранению Каложской церкви в г. Гродно:

- 1 – фундаменты церкви; 2 – существующая подпорная стена; 3 – буроинъекционные сваи; 4 – анкеры; 5 – заанкеренная подпорная стена со свайным ростверком; 6 – наращиваемые блоки береговой подпорной стены; 7 – буронабивные сваи; 8 – старая стена на забивных сваях; 9 – река Неман

Совершенствование традиционных конструкций фундаментов и геотехнических технологий, а также применение новых разработок способствуют повышению эффективности и интенсификации работ нулевого цикла. Наличие в арсенале белорусских строителей современных прогрессивных технологий (метод «стена в грунте», буроинъекционная, гидроструйная, сваи вибрационные и системы SFA, упрочнение и армирование грунтов в основаниях фундаментов) и базирующиеся на них конструкции фундаментов значительно расширяют диапазон решаемых ответственных геотехнических и экологических задач в самых разнообразных геологических и гидрогеологических условиях.

Обилие перечисленных выше геотехнических технологий в строительной практике Беларуси диктуется многообразием инженерно-геологических и гидрогеологических условий при возведении и реконструкции самых различных объектов. Успешному использованию этих технологий и повышению их эффективности благоприятствуют разработанные в Беларуси национальные нормативные документы [5 – 9], которые обобщают отечественный и зарубежный производственный опыт и выполненные за последние годы исследования, в том числе при участии и под научным руководством одного из авторов. Впервые в странах СНГ разработаны документы, посвященные армированным грунтам и геотехническим реконструкциям, причем последний – с участием коллег из Словакии.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Никитенко, М. И. Буроинъекционные анкеры и сваи при возведении и реконструкции зданий и сооружений [Текст] / М. И. Никитенко. – Мн.: БНТУ, 2007. – 580 с.
2. Опыт анкерования ограждений глубоких котлованов [Текст] / М. И. Никитенко и др. // Строительная наука и техника. – 2008. – № 3 (18). – С. 10-20.
3. Никитенко, М. И. Некоторые проблемы свайных фундаментов в геотехнической практике Беларуси [Текст] / М. И. Никитенко, В. Ю. Журавский // Строительная наука и техника. – 2008. – № 4 (19). – С. 44-51.
4. Способ выполнения буроинъекционного анкера [Текст]: а.с. 1392203 СССР, МКИ Е 01 D 5/80 / М. И. Никитенко и др.; Белор. политехн. ин-т. – № 4127194/31-33; заявл. 02.10.86; опубл. 30.04.88. Бюл. № 16 // Открытия. Изобрет. – 1988. – № 16.

5. СНБ 5.01.01-99. Основания и фундаменты зданий и сооружений [Текст]: Утв.: Приказ Минстройархитектуры РБ. – Мн., 1999. – 36 с.
6. Проектирование и устройство оснований из армированного гранта [Текст] : Пособие П 10-01 к СНБ 5.01.01-99. – Минстройархитектуры РБ. – Мн., 2002. – 44 с.
7. Геотехнические реконструкции оснований и фундаментов зданий и сооружений [Текст] : Пособие П 10-01 к СНБ 5.01.01-99. – Минстройархитектуры РБ. – Мн., 2001. – 120 с.
8. Проектирование и устройство буроинъекционных анкеров и свай [Текст] : Пособие П 18-04 к СНБ 5.01.01-99. – Минстройархитектуры РБ. – Мн., 2005. – 79 с.
9. Проектирование и устройство фундаментов из свай набивных с уплотненным основанием [Текст] : Пособие П 19-04 к СНБ 5.01.01-99. – Минстройархитектуры РБ. – Мн., 2006. – 88 с.

Поступила в редколлегию 25.03.2010.

Принята к печати 31.03.2010.