НИКИТЕНКО МИХАИЛ ИВАНОВИЧ

Доктор технических наук, профессор, действительный член Академии Строительства Украины, Лауреат премии СМ БССР 1980 г., председатель ТКС-02 «Основания и фундаменты, инженерные изыскания» РУ «Стройтехнорм» Минархстроя Республики Беларусь, ведущий специалист ОАО «Стройкомплекс».

Основные направления научной деятельности: теория и практика современных конструктивно-технологических решений плитных и свайных фундаментов зданий и сооружений, траншейные и свайные стены, мелиорация грунтов (уплотнение, дренирование, армирование, инъекция, включая высоконапорную - jet-grouting, цементных и полимерных растворов, перемешивание), георeконструкция, ограждения и анкерование глубоких строительных котлованов и оползней, совершенствование инженерно-геологических изысканий, разработка ТНПА по геотехнике.

Подготовил 6 магистров и 8 кандидатов технических наук, включая трех иностранных, одного докторанта.

Автор свыше 280 научных работ.

E-mail: michnikit@gmail.com

УДК 624.154. 5.041

ОСОБЕННОСТИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ АНКЕРНЫХ СВАЙ ТИПА «ТИТАН» И «ГЕОИЗОЛ» С ГРУНТАМИ

Ключевые слова: гайка стопорная, грунт, основание, испытание, корень, скважина, свая анкерная, стена траншейная, тяга, технология буроинъекционная, устройство.

У статті на досвіді анкерування огорожі глибокого котловану для багатофункціонального комплексу в м Мінськ викладаються особливості пристрою і випробувань буроін'єкційних анкерних паль конструкції ТОВ «Геоізол» (по типу системи «Титан»). Відображено характер взаємодії таких анкерних конструкцій з грунтами, наведені виявлені їх переваги та недоліки.

В статье на опыте анкерования ограждения глубокого котлована для многофункционального комплекса в г. Минске излагаются особенности устройства и испытаний буроинъекционных анкерных свай конструкции ООО «Геоизол» (по типу системы «Титан»). Отражен характер взаимодействия таких анкерующих конструкций с грунтами, приведены выявленные их достоинства и недостатки.

The article describes the experience of using anchors at deep excavation for the construction of a multifunctional complex in Minsk. The author describes the features of the device and testing of pressure grouted anchoring structure of "Geoizol" (according to "Titan" type system).

ВВЕДЕНИЕ

Для ограждения глубокого котлована при возведении многофункционального комплекса в г. Минске применены заанкеренные на одном, двух и трех ярусах траншейные стены, возводимые методом «стена в грунте» [1]. В качестве крепления секций монолитных траншейных стен использованы выдергиваемые сваи «Геоизол» по типу «Титан», устраиваемые посредством буроинъекционной технологии, которая находит все большее применение в геотехнической практике при устройстве анкеров, свай и цементационном упрочнении грунтов [2-8]. Ее сущность заключается в проходке скважин и закачке в них под давлением цементного раствора, обеспечивая тем самым опрессовку окружающего скважину грунта с улучшением его свойств, а также формирование цементно-каменных фундаментных конструкций в виде стволов свай, закрепляемых в грунте несущих отрезков (корней) анкеров или армирующих элементов внутри упрочняемых зон грунтового основания. Высоконапорная инъекция (jet grouting) [4] позволяет не только размывать грунт по глубине проходки скважины, но и перемешивать его с закачиваемым цементным раствором, создавая при этом указанные несущие элементы, в том числе у анкеров и свай.

На таком технологическом приеме и базируется устройство анкерных свай типа «Титан» и «Геоизол», которые отличаются от классических предварительно напрягаемых буроинъекционых анкеров особенностями их взаимодействия с грунтами при выдергивании. Сущность таких различий и будет раскрыта ниже с отражением присущих выдергиваемым сваям достоинств и недостатков в процессе их устройства и испытаний на объекте.

КОНСТРУКТИВНОЕ РЕШЕНИЕ АНКЕРНЫХ СВАЙ ТИПА «ТИТАН» И «ГЕОИЗОЛ»

Конструкция анкерной тяги включает стальную трубчатую штангу с винтовой накаткой на внешней поверхности, состоящую из соединяемых винтовыми муфтами звеньев, причем на нижнее из них в торце навинчивается буровая коронка с выпускными отверстиями (соплами), а на верхнее – стопорная гайка со сферической поверхностью контакта с опираемой на конструкцию пластиной (рис. 1). В таком конструктивном исполнении полая анкерная тяга совмещает функции бурового става при проходке скважин за счет поступательно-вращательного перемещения штанги с буровой коронкой, а также инъектора для закачки в полость цементного раствора, который под напором размывает в забое грунт и при перемешивании с ним тампонирует скважину, создавая при твердении ствол сваи. В последующем тяга армирует сваю и при ее выдергивании обеспечивает восприятие растягивающего усилия.

Последовательность технологических операций при устройстве анкерных свай типа «Титан» и «Геоизол».

1. Перед началом походки скважины на помосте укладывают необходимые детали анкерной тяги. На ее первую секцию навинчивается буровая коронка, а на последующие - соединительные муфты-гайки. Конец последней секции с резьбовой накаткой и навинченной стопорной гайкой защищается от повреждений клейкой лентой или пеньковой обмоткой.

Рис 1. Конструктивные элементы анкерных свай типа «Титан» и «Геоизол».

2. Лафет буровой установки на месте проходки скважины выставляют по оси с заданным наклоном. К верхней секции полой анкерной тяги подсоединяются шланги от растворонасоса.
3. В смесителе приготавливают цементный раствор: для проходки скважины промывочный с В/Ц = 0,7 (на 100 кг воды расход цемента 70 кг), а для опрессовки окружающего грунта и формирования ствола рабочий с В/Ц = 0,5 (на 100 л воды расход цемента 50 кг), который перед соответствующей закачкой заливают в емкость растворонасоса.
4. Верхняя секция анкерной тяги прочно вкручивается в промывочную муфту на хвостовике бурового станка.
5. При подаче лафета нижняя секция тяги с буровой головкой в торце устанавливается на точку проходки скважины с требуемым наклоном по проектному направлению.
6. Включается растворонасос для закачки промывочной жидкости, а полая штанга (анкерная тяга) с буровой коронкой в торце нижней секции погружается в грунт на несколько сантиметров и центрируется. После этого включается редуктор вращения и за счет размыва грунта закачиваемым через сопла в буровой коронке промывочным цементным раствором вращаемая тяга со скоростью не более 1 м/мин погружается на проектную длину. Во время бурения необходимо следить за тем, чтобы к устью скважины постоянно поступал раствор без перерывов. В противном случае анкерная тяга отводилась назад, а затем процесс проходки скважины продолжается с непрерывной закачкой раствора.
7. При наращивании длины анкерной тяги из ранее погруженных секций верхний конец должен выступать из скважины над поверхностью на 30—50 см. Для дополнительного расширения и прочистки скважины от шлама рекомендуется тягу при непрерывном вращении 2-3 раза выдвинуть по всей длине подачи лафета.
8. После проходки скважины по длине очередную секцию полой штанги захватывают зажимным устройством и выкручивают из промывочной муфты путем изменения вращения или при помощи гаечного ключа с открытым зевом. Вращатель бурового станка затем возвращают в исходное положение. При соединении нескольких секций тяги операции повторяют.
9. После достижения буровой скважиной проектной глубины при непрерывном вращении (без ударов и подачи) штанги смесительно-насосную станцию переключают с режима закачки промывочного раствора (В/Ц=0,7) на рабочий опрессовочный раствор (В/Ц = 0,5). Во избежание попадания воздуха в цементное тело анкерной сваи и появления полостей, при нагнетании раствора не допускается его полное выкачивание из накопителя. Рабочий раствор закачивают с повышенным давлением до тех пор, пока он в чистом виде не начнет выходить через устье скважины. При этом опрессовку производят в пределах длины анкерного корня, а требуемый его диаметр

создают за счет закачки необходимого объема цементного раствора с учетом водопоглощения в окружающий грунт [3, 5].

10. Когда цементный раствор наберет прочность не менее 70% от проектной (в песках – через 14 дней при растворе без пластификатора С-2 и через 7 дней – с пластификатором) все анкерные сваи подлежат натяжению. В глинистых грунтах требуется дренирование раствора.

Таким образом, технологические операции по устройству анкерной сваи в грунте включают проходку скважины на проектную глубину при вращении трубчатой тяги с разбуриванием коронкой грунта и его вытеснением в стороны. При этом закачиваемый через полость тяги тампонажный цементный раствор размывает грунт и облегчает его разбуривание в забое скважины, заполняет ее и предотвращает обрушение грунта. После проходки скважины на проектную глубину вместо тампонажного закачивается с повышенным давлением рабочий раствор по мере подъема тяги для формирования несущего элемента (корня) увеличенного диаметра в несмещаемом массиве грунта за пределами сдвигаемой призмы.

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ВЫДЕРГИВАЕМЫХ СВАЙ ТИПА «ГЕОИЗОЛ» ПРИ АНКЕРОВАНИИ ОГРАЖДЕНИЯ ГЛУБОКОГО КОТЛОВАНА ДЛЯ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОГО КОМПЛЕКСА В Г. МИНСКЕ.

Площадка строительства многофункционального комплекса (МФК) расположена в северо-восточной части города Минска в границах улиц Макаенка, Филимонова и проспекта Независимости, где ранее размещался автовокзал. Она имеет полого-волнистый рельеф местности, причем в пределах участка застройки объекта перепад высот достигает восьми метров при общем уклоне с запада на восток и абсолютными отметкам от 220,50 до 212,00 м.

Инженерно-геологические условия площадки, согласно данным изысканий УП «Геосервис», характеризуются распространением следующих типов грунтов:

Голоценовый горизонт. Залегающие преимущественно у поверхности насыпные пески различной крупности и супес, перемешанные с песками.

Могилевский подгоризонт Сожского горизонта. Залегающие под насыпным грунтом флювиогляциальные надморенные отложения включают пески средние, крупные и гравелистые, а под ними моренные супеси и суглинки с включением гравия и гальки до 3…7%, а в отдельных частях разреза до 15%, с прослойками песка от 1-2 до 10-20 см, причем встречались также валуны размером в поперечнике 0,7...1,2 м. Водноледниковые межморенные отложения представлены песками пылеватыми, мелкими, средними и крупными с линзами супеси мощностью 1,0-5,3 м.

Славгородский подгоризонт. Моренные супеси с включением гравия и гальки 3…7 до 15%, и частыми прослойками и линзами песка. В пределах площадки они залегают двумя слоями на разных гипсометрических уровнях и разделены слоем внутриморенных песков.

Днепровский – сожский горизонт. Комплекс водноледниковых и озерных отложений под славгородской мореной включает пески пылеватые, мелкие, средние и крупные.

Днепровский горизонт. Моренные супеси с гравием и галькой до 15...20%. Подстилают днепровские – сожские пески.

Для бетона все грунты по содержанию сульфатов неагрессивны. По содержанию хлоридов для арматуры железобетонных конструкций на портландцементе и сульфатостойких цементах все грунты неагрессивны к бетону.

В грунтовом массиве вскрыты верховодка и водоносный днепровскосожский напорный горизонт вскрыт всеми скважинами на абс. отметках 186,68-192,73. Мощность водонасыщенных песков составила 2,67 м. Питание верховодки осуществляется за счет инфильтрации атмосферных осадков и дополнительного утечками из водонесущих коммуникаций.

Верхним водоупором являются моренные супеси могилевского подгоризонта, нижним – моренные отложения славгородского подгоризонта. Величина напора составила 9,0-13,6 м.

По наружному контуру котлована с учетом переменного уровня рельефа и его глубин на разных участках запроектировано ограждение из монолитных траншейных стен, возводимых методом «стена в грунте», с их креплением посредством выдергиваемых свай типа «Геоизол» на одном, двух и трех ярусах (рис. 2).

Все секции траншейных стен сопрягаются между собой в шпунт, а поверху объединены мощным железобетонным поясом со взаимным сварным соединением арматурных каркасов его и секций стен. Несмотря на это, для передачи на стены анкерных усилий при натяжении выдергиваемых свай, излишне предусмотрено на всех ярусах креплений устройство упорных поясов из стальных двутавровых балок, к которым под оголовками свай приварены большие толстые стальные плиты, а к ним сверху плиты меньшего размера для опирания стопорных гаек. Жесткости двутавровых балок повышены приваренными ребрами между их полками в местах размещения упорных плит с проходными отверстиями для тяг.

Длины анкерных свай при диаметрах их стволов по 0,25 м в зависимости от глубин котлована и количества ярусов крепления ограждающих стен на участках составляли по 15 м на первом и по 12 м на втором ярусе, а рабочих (корневых) отрезков по 8,4 м и 6,9 м, причем они располагались в толщах супесей над обводненными напорными водами песками.

До устройства и напряжения анкерных тяг выдергиваемых свай для оценки сопротивлений сдвигу супесей вдоль стволов свайных корней и подтверждения принятых в расчетах их значений были предусмотрены отработка технологии инъецирования в такие грунты и выполнены пять опытных свай с тягами конструкции «Титан». При этом первые три из них предназначались для выявления роли состава закачиваемого цементного раствора на качество набора им прочности через 7 суток, а также для определения при раскопке фактических формы и диаметра стволов (рис. 3). Их устраивали поверху откоса для удобства раскопки.

Еще два образца опытных анкерных свай устраивали ниже первых трех с тем, чтобы их через 28 суток испытать

Дивись рис. 2,3 на 2 стор. обкладенки.

с доведением до полного выдергивания (рис. 4). При этом первая анкерная свая длиной 5 была выполнена закачкой цементного раствора без ускорителя твердения, а вторая – с его наличием.

Поглощение «тощими» супесями воды из закачиваемых цементных растворов обеспечило одинаковое качество и время набора прочности независимо от наличия или отсутствия в растворах добавки для ускорения набора прочности цементным камнем и требуемого его сцепления с тягами.

При раскопке с осмотром и обмерами трех опытных образцов анкерных свай на верхнем уровне через 7 суток твердения закачанного цементного раствора было установлено, что их стволы имеют примерно цилиндрическую форму с диаметрами 0,25 м (рис. 3) без разделения на свободные (затампонированные) и рабочие корневые (заинъецированные) отрезки. Такие сваи удерживаются в грунте от выдергивания за счет его сопротивления сдвигу по контакту с боковой поверхностью ствола цилиндрической формы. При неразрушающем методе испытания сотрудниками РУП «Институт БелНИИС» было установлено, что прочность цементного камня у всех образцов была практически одинаковой и достигла свыше 70% от расчетной. Это свидетельствует, что в данных грунтовых условиях натяжение анкеров возможно практически через 7 суток после закачки раствора в связи с хорошей водопоглотительной способностью моренной супеси с минимальным содержанием в ней глинистых фракций.

Исходя из результатов пробных испытаний получены максимальные выдергивающие усилия для обоих анкерных свай по 549 кН. При одинаковых диаметрах их стволов по 0,25 м по всей длине и площади боковых поверхностей по 3,925 м^2 осредненные значения предельного сопротивления грунтов сдвигу вдоль боковых поверхностей стволов составили 140 кПа.

Таким образом, предельные прогнозируемые несущие способности грунтов в основании этих корней исходя их сопротивляемости сдвигу будут равны на верхнем яруса 922,3 кН, на нижнем 757,6 кН. Поэтому при коэффициенте 1,2 допускаемые выдергивающие силы составят на анкерные сваи верхнего яруса 768,6 кН, нижнего 640,5 кН, что больше расчетных значений 504,6 кН и 595,2 кН от давления грунта за стеной.

При длинах стволов рабочих выдергиваемых свай 15м и 12 м, включая нерабочие отрезки в потенциальных призмах обрушения за ограждающими стенами, общие сопротивления грунтов вдоль них составят на верхнем ярусе 1647 кН, на нижнем 1317,6 кН, что больше прочности тяг по материалу 1046 кН.

ОТЛИЧИТЕЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ МЕЖДУ СОБОЙ, С ГРУНТАМИ И УДЕРЖИВАЕМЫМИ КОНСТРУКЦИЯМИ СОСТАВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ВЫДЕРГИВАЕМЫХ СВАЙ ТИПА «ТИТАН» И «ГЕОИЗОЛ» И КЛАССИЧЕСКИХ ПРЕДВАРИТЕЛЬНО НАПРЯЖЕННЫХ БУРОИНЪЕКЦИОННЫХ АНКЕРОВ.

У анкерной сваи замоноличенная в цементном камне ствола стальная тяга при выдергивании передает на грунт сдвигающие напряжения только вдоль его боковой поверхности. Растянутая тяга не выдергивается из цементного камня ствола за счет сцепления с ним по всей длине и передает на него усилие сжатия буровой головкой с распорами от выступов винтовой накатки снаружи тяги.

У классических буроинъекционных анкеров с растянутыми корнями тяга замоноличивается только в цементном камне корня и имеет возможность свободного удлинения в тампонажной обойме, где размещается в гладкой пластмассовой трубке. При наличии сжатого корня у анкера его тяга может удлиняться при растяжении по всей длине в гладкой пластмассовой трубе, а усилие сжатия на цементный камень корня передается через опорную шайбу внизу. Для исключения передачи доли выдергивающего усилия от анкерного корня в виде сжатия на тампонажную цементно-каменную трубчатую обойму требуется на стыке этих участков выполнять легкосжимаемый пакер. При его отсутствии данная трубчатая обойма вместе с пластиковой трубкой повышенной прочности может воспринимать эту долю усилия за счет сопротивления сдвигу по контакту ее боковой поверхности с грунтом, а при меньшей прочности - по предельному значению сжатия при разрушении кольцевого сечения обоймы.

При наличии легкосжимаемого пакера выдергивающее усилие на анкер полностью передается его корню. Без пакера анкер превращается в выдергиваемую сваю с разными диаметрами ствола: меньшим у тампонажной обоймы и большим у корня или с несколькими уширениями. В таком случае на корень анкерной сваи приходится лишь разница между прилагаемой нагрузкой и сопротивлением там-

Рис 4. Монтаж плит упорной системы для двух опытных анкерных свай и пробное испытание одной из них.

Дивись рис 3 на 2 стор. обкладенки.

понажной обоймы сжатию или сдвигу в грунте. Поэтому для оценки величины удерживающего в грунте усилия из общей выдергивающей нагрузки требуется вычетание значений сопротивлений сжатия тампонажной обоймы или сдвигу по ее контакту с грунтом. Без такого вычетания при интерпретации результатов испытаний анкеров завышают их результаты, что чревато невозможностью восприятия анкерами проектных значений выдергивающих сил и возникновением аварийных ситуаций. Положение обычно спасают коэффициенты надежности (запаса прочности).

В конструкция анкерных свай типа «Титан» и «Геоизол» тяги без гладких пластмассовых трубок в пределах потенциальной сдвигаемой призмы грунта оказываются замоноличенными в цементном камне ствола по всей длине. Однако при анкеровании ограждающих глубокие котлованы стен нерабочие отрезки стволов анкерных свай в пределах потенциальных призм обрушения грунта, в зависимости от глубин ярусов анкеров, могут порой существенно превосходить длины рабочих корней (рис.5). В подобных случаях сопротивления сдвигу грунтов вдоль тампонажных обойм оказываются больше чем вдоль корневых отрезков и соответственно превышают приходящиеся на анкеры выдергивающие усилия.

У буроинъекционного анкера тяга при выдергивании в процессе натяжения и последующей блокировке на проектном усилии оказывается с одинаковыми напряжениями по всей свободной длине отрезка в гладкой пластмассовой трубке. При этом падение напряжения в тяге происходит к хвостовой части анкера за счет суммирования сопротивлений грунта сжатию перед лобовой кольцевой и сдвигу вдоль боковой поверхности корня (рис. 6). Данная схема представлена для случая отсутствия пакера на стыке нерабочей тампонажной обоймы и корня, когда анкер работает как выдергиваемая свая с тем отличием, что ее тяга имеет одинаковое напряжение внутри гладкой пластмассовой трубки по длине обоймы. Здесь у корня цементный камень оказывается сжатым за счет упора в тампонажную обойму с трубкой. При отсутствии пакера и без такого упора корень подвергается растяжению вместе с тягой.

У выдергиваемой сваи типа «Титан» и «Геоизол» тяга замоноличивается в цементном камне ствола полностью, поэтому при натяжнии растягивающее усилия в ней уменьшается от головы по длине за счет контактных сопротивлений сдвигу тяги по стволом и его самого по грунту, за счет чего может не доходить до нижнего торца на некотором отрезке (рис. 7).

Если представить такой отрезок за стеной ограждения котлована вне призмы обрушения грунта в несмещаемом массиве, причем вдоль него сопротивление грунта будет ничтожно малым (например, грунт окажется размытым, в виде линзы ила или торфа), то данная свая может обрушиться вместе с грунтом этой призмы и привести к потере устойчивости (опрокидыванию) стены. Судя по данной схеме, замоноличенная в стволе анкерной сваи и имеющая сцепление с его цементным камнем тяга не может иметь предварительного напряжения.

Поскольку после закачки цементного раствора в скважину ствол оказывается упираемым на ограждающую стену или замоноличенным в ее отверстии для бурения анкерной скважины, то при натяжении выдергиваемой тяги по ее контакту с цементным камнем в оголовке ствола возникает концентрация сдвигающих напряжений с превышением сил сцепления. В этой связи передаваемое выступами винтовой накатки тяги сжатие камня может вызывать его местное разрушение (смятие) с разрывными трещинами на некотором отрезке, где тяга будет способна проскальзывать вдоль контактной поверхности со стволом (рис. 8).

Аналогичные процессы могут происходить и у растянутого корня буроинъекционного анкера при натяжении тяги в случае наличия легкосжимаемого пакера на стыке корня с тампонажной обоймой. Отличие возникает при отсутствии пакера когда корень упирается в обойму и сжимается, а концентрации напряжений на их стыке может вызвать местные разрушения цементного камня перед выступами тяги и (или) в торце обоймы.

Если у буроинъекционных анкеров при их испытаниях (пробных, контрольных и приемочных) тяги напрягаются и удлиняются в гладких пластмассовых трубках соразмерно выдергивающим усилиям, то у выдергиваемых свай это возможно только сверху ствола под стопорной гайкой над выдвигаемым штоком домкрата, по длине проскальзывания, включая отрезок замоноличивания в стене, и вдоль призмы обрушения.

Поскольку тяги классических анкеров после натяжений оставляют напряженными на блокировочных усилиях исходя из давления распора грунта на стену, то ее смещение в сторону котлована возможно только после превышения распора. При этом грунт призмы обрушения оказывается прижатым к поверхности несмещаемого массива, а передаваемые на нее напряжения соразмерно силам натяжения анкеров мобилизуют сопротивления сдвига.

При натяжении анкерных свай типа «Титан» и «Геоизол» выдергиваемые усилия всего лишь прижимают их стволы к стене, с которой они совместно смещаются в сторону котлована соразмерно удлинениям тяг в оголовках стволов и сдвиговым перемещениям в грунте самих стволов исходя их показанного на рис. 4 характера распределения усилий.

Таким образом, практикуемые у выдергиваемых свай типа «Титан» и «Геоизол» их контрольные и приемочные испытания теряют смысл, поскольку сводятся лишь к проверке удлинений коротких отрезков тяг от растягивающих усилий. Так например, при выполнении контрольных и приемочных испытаний рабочих анкерных свай на объекте удлинения тяг составляли всего от 4 до 16 мм. Поэтому для сопряжения выдергиваемых свай со стенами достаточно лишь небольшого натяжения стопорных гаек над опорными плитами на стенах без ненужных затраты средств и времени на проведение испытаний.

ДОСТОИНСТВА И НЕДОСТАТКИ АНКЕРНЫХ СВАЙ ТИПА «ТИТАН» ИЛИ «ГЕОИЗОЛ» И ТЕХНОЛОГИИ ИХ УСТРОЙСТВА

Достаточно широкое распространение в геотехнической практике свай типа «Титан»», «Геоизол» и их модификаций [6] обусловлено рядом достоинств:

- конструктивное решение тяг в виде составных полых штанг из высокопрочной стали с винтовой накаткой на внешней поверхности обеспечивает удобство их

Дивись рис 5,6,7,8 на 3 стор. обкладенки.

транспортировки, простоту посекционного соединения с помощью винтовых муфт, а также навинчивания сверху стопорных гаек и снизу буровых коронок с соплами для выхода закачиваемого раствора;
- использование жестких и высокопрочных стальных анкерных тяг с навинченными внизу коронками функций в качестве буровых штанг для проходки скважин и инъекторов для закачки цементных растворов позволяет сначала размывать грунт в забое с предотвращением его обрушения со стенок скважина, а затем после твердения формировать стволы свай;
- минимальные удлинения анкерных тяг с высокими прочностью и жесткостью при замоноличивании в цементно-каменном стволе от выдергивающих (растягивающих) усилий;
- увеличение диаметров стволов свай от размыва, прорезания винтообразной борозды по длине скважины и вытеснения грунта в стороны, а также его цементации от перемешивания с раствором в процессе высоконапорной инъекции;
- малая опасность коррозии жестких стальных тяг при их незначительном удлинении и достаточной толщине защитного цементно-каменного слоя у ствола сваи.

Однако имеются зачастую не учитываемые или игнорируемые недостатки таких свай:
- создание локального уширения на нижнем конце свай, т.е. в рабочей корневой зоне, довольно проблематично, поскольку в жидком тампонажном растворе дальнейшая закачка более густого высоконапорное давление приводит примерно к одинаковому диаметру ствола по всей длине скважины, за исключением более интенсивно сжимаемых грунтовых слоев;
- огромный перерасход цемента за счет изливания из устья скважины закачиваемого тампонажного цементного раствора в процессе разбуривания грунта при ее проходке, а затем при высоконапоной инъекции и густого рабочего, который вытесняет более жидкий тампонаж-ный при формировании ствола сваи;
- твердение тампонажного раствора исключается, поскольку затруднит вращение штанги с буровой коронкой, однако с укрупнением зерен водопоглотительная способность маловлажных песков способствует быстрому дренированию и твердению таких растворов, а при увеличении их водоцементного отношения (В/Ц) усиливаются процессы седиментации.

Особо опасными в технологии устройства анкеров типа «Титан» и «Геоизол» в слабофильтрующих глинистых грунтах являются следующие отрицательные факторы:
- при повышенном давлении инъекции в процессе расширения скважины за счет растягивающих напряжений в кольцевом направлении возникают в окружающем грунте разрывные трещины, по которым закачиваемый раствор может уходить в неконтролируемые (нерабочие) зоны, особенно в сильно сжимаемые слои грунтов и песчаные прослойки в связных глинистых с просачиванием через них;
- даже передаваемые на грунт сжимающие напряжения в радиальных направлениях и вызванные ими деформации способствуют нарушению структурных связей со снижением сцепления, что традиционно не учитывается;
- закачиваемый в слабофильтрующие глинистые грунты цементный раствор с большими значениями В/Ц (у тампонажного даже 1:1) без дренирования (в отличие от песка) избыточной воды и при отсутствии поступления воздуха на большие глубины не имеет требуемых условий для гидратации, что сильно увеличивает период набора прочности цементным камнем;
- весьма неблагоприятно сказывается перемешивание при высоконапорной инъекции связных глинистых грунтов с цементным раствором, увеличивая срок твердения и набора прочности такой смесью до 2-х месяцев и более в зависимости от числа пластичности.

Устранить последние отрицательные факторы позволит дренирование избыточной влаги из закачиваемого цементного раствора с большим значением В/Ц в соответствии с изобретениями №1281635, № 1527378 и № 1392203, сущность которых отражена в [3, 6].

Снижению значений В/Ц инъекционных цементных растворов при сохранении эффективности их прокачивания по трубопроводам способствует добавка пластификатора типа С-3 или иных, указанных в [3, 5].

Наиболее эффективное и оправдавшее себя на многих объектах Минского метрополитена решение анкера оказалось по а.с. № 1392203, предусматривающее управляемую инъекцию цементного раствора с его дренированием за счет закачки в геотекстильный рукав в пределах корня при наличии между ним и свободной частью тяги легкосжимаемого пакера. Оснащение геотекстильного рукава по длине бандажами для ограничения диаметра расширения закачиваемым раствором позволяет формировать локальные уширения при их оптимальном количестве не более трех, что обеспечивает передачу на грунт сжимающих напряжений с повышением несущей способности основания анкера. Опыт использования стержневых анкеров с такими рукавами вывил, что при уменьшении до 4-х раз расхода цемента на формирование корней несущая способность основания может увеличиваться также до 4-х раз.

С учетом вышеизложенного целесообразно модернизировать конструктивное и техноло-гическое решение анкеров типа «Титан» или «Геоизол», особенно при их устройстве с корнями в слоях глинистых грунтов за счет управляемой закачки цементного раствора в геотекстильные рукава и создания локальных уширений согласно а.с. № 1392203.

Для этого проходку скважин на проектные глубины можно производить с использованием традиционных операций по разбуриванию коронкой внизу трубчатой тяги и закачкой тампонажного раствора в эти скважины по мере извлечения штанги. После этого в заполненную жидким тампонажным раствором скважину должна погружаться трубчатая тяга без буровой коронки с оснащением по длине корня геотекстильным рукавом и бандажами для создания при его заполнении раствором требуемых диаметров уширений, а над корнем - заполненным легкосжимаемым материалом пакером (рис. 9). При этом рукав и пакер для возможности погружения в разбуренную буровой коронкой скважину диаметром 175-180 мм следует складывать с продольными складками (по типу юбки гофре) равномер-

Рис 9. Погружение анкерной тяги с инъекционной трубкой при наличии по длине корня геотекстильного рукава с бандажами по длине и пакером поверху при возведении ростверков под Г-образные опоры реконструируемого стадиона в г. Борисов.

но по периметру.

Трубчатую тягу анкера в пределах свободной длины выше корня целесообразно поместить в гладкую пластмассовую трубку для исключения связи с цементным камнем обоймы и обеспечения свободного удлинения выдергиваемой тяги.

После погружения трубчатой штанги с геотектильным рукавом по длине корня его формирование осуществлять за счет закачки рабочего цементного раствора с В/Ц порядка 0,3 – 0,35 с добавкой пластификатора С-3 или иного примерно равнозначного. Давление инъекции следует наращивать плавно с поступлением раствора в рукав через нижний торец тяги в объеме, требуемом для полного заполнения рукава до требуемого диаметра уширений. Геотекстильный рукав обеспечит отцеживание избыточной влаги из раствора и его дренирование, что существенно ускорит процесс гидратации раствора и набора цементным камнем требуемой прочности для возможности натяжения анкеров.

ВЫВОДЫ:

1. Опыт устройства и испытаний на МФК в г. Минске в супеси моренной с минимальным содержанием глинистых фракций выдергиваемых опытных и натурных выдергиваемых анкерных свай типа «Геоизол» с их раскопкой и освидетельствованием трех моделей позволил выявить их достоинства и недостатки, а также отличительные от буроинъекционных анкеров особенности взаимодействия составных элементов между собой и с грунтами основания.
2. У анкерных свай типа «Титан», «Геоизол» и их модификаций полые тягс с внешней винтовой накаткой за счет замоноличивания в стволах по всей длине при выдергивании из грунтов не имеют возможности предварительного натяжения, поэтому стволы таких свай смещаются вместе с ограждающими стенами по мере активизации распора грунта на них.
3. При отсутствии предварительного напряжения тяг нет смысла в испытании выдерги-ваемых свай типа «Титан» и «Геоизол» по программе контрольных и приемочных аналогично с буроинъекционными анкерами, а достаточно лишь навинчивать стопорные гайки до упора в ограждаемые стены с небольшими усилиями натяжения.
4. Для минимизации присущих выдергиваемым сваям типа «Титан» и «Геоизол» недостатков и повышения несущей способности их оснований при меньшем расходе цемента на формирование стволов, особенно в глинистых грунтах, требуются:
   - увеличение диаметров их корней вне призмы обрушения грунта за ограждающими стенами и обеспечение свободного удлинения отрезков тяг в гладких пластмассовых трубках вдоль этой призмы;
   - совершенствование технологических операций управляемой закачки цементного раствора в дренирующие геотекстильные рукава с локальными бандажными кольцами по длине корней и пакерами с легкосжимаемым заполнением между ними и тампонажными обоймами.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРА

1. Пособие П 14-01 к СНБ 5.01.01-99. Проектирование и устройство свайных и траншейных стен. – Минстройархитектуры РБ. – Минск, 2002. – 64 с.
2. Пособие П 13-01 к СНБ 5.01.01-99. Проектирование и устройство буронабивных свай. – Минстройархитектуры РБ. – Минск, 2002. – 43 с.
3 Пособие П 18-04 к СНБ 5.01.01-99. Проектирование и устройство буроинъекционных анкеров и свай. – Минстройархитектуры РБ. – Минск, 2005. – 79 с.
4. ТКП 45-5.01-45-2006 (02250). Фундаменты и подземные сооружения, возводимые с использованием струйной технологии. Правила проектирования и устройства. – Минстройархитектуры РБ. – Минск, 2006. – 33 с.
5. Никитенко, М.И. Буроинъекционные анкеры и сваи при возведении и реконструкции зданий и сооружений / М.И. Никитенко. – Минск: БНТУ, 2007. – 580 с.
6. Малинин, А.Г. Применение анкерных свай «Атлант» в подземном строительстве / А.Г. Малинин, Д.А. Малинин // Известия ТулГУ. Наука о Земле. – 2010. Вып. 2. – С. 248-254.
7. Рытов, С.А. Эффективные современные технологии устройства буроинъекционных свай и грунтовых инъекционных анкеров / С.А.Рытов // Информационный вестник. - № 1(16). – С. 7-14.
8. Золотов, С. Об устройстве оснований из анкерных свай Titan / С. Золотов // Строительство и недвижимость. http://www.nestor.minsk.by/2008/19/sn81907.html. – С.1-3.