**Введение**

Отличие отечественной техники и технологии от зарубежных аналогов состоит в том, что в качестве инструмента для проходки скважин под коммуникации применяются раскатчики, а не буровой инструмент. Раскатчики не извлекают грунт из скважины, а уплотняют (раздвигают) его в радиальном направлении. В результате отпадает необходимость применения бентонитового раствора для укрепления стенок скважины и выноса грунта на поверхность, следовательно, не нужно дополнительное дорогостоящее оборудование для приготовления бентонитового раствора и его подачи в забой. Кроме того, по сравнению с буровым инструментом раскатчик обеспечивает высокую несущую способность стенок скважины за счёт образования вокруг неё уплотнённой зоны грунта, что позволяет исключить просадку грунта над и под коммуникациями, благодаря этому повышается срок их службы. Сваи заводского изготовления, погружаемые путем забивки или вдавливания без выемки вытесняемого грунта, применяются в отечественной строительной практике достаточно давно. С начала 90-х годов прошлого века на отечественном строительном рынке начали появляться новые зарубежные технологии изготовления буронабивных свай без выемки грунта. Но наиболее новой и современной технологией изготовления свай вытеснения (уплотнения) является технология «DDS» (Drilling Displacement System) немецкой фирмы «Bauer», появившаяся в 2000-м году на строительных площадках. Ее главными преимуществами перед другими аналогичными технологиями изготовления свай в грунте являются: высокая скорость изготовления свай; высокая экономическая эффективность; низкий уровень шума при производстве работ; отсутствие вибраций.

Рекомендуемые нормативными документами расчеты несущей способности свай по грунту были разработаны для забивных свай и буровых свай, изготавливаемых с выемкой грунта.

**Буронабивные сваи**

Буронабивные сваи вытеснения, изготавливаемые по технологии «DDS» (Drilling Displacement System), - разновидность буронабивных свай, которые изготавливаются в грунте бурением с использованием специального бурового наконечника, позволяющего вытеснять разбуриваемый грунт в стороны. При этом бетонная смесь подается через отверстие на буровом наконечнике при помощи бетононасоса и одновременно с подъемом снаряда производится заполнение скважины бетоном.

Формирование скважины под сваю происходит за счет вдавливающего усилия и вращения бурового снаряда-раскатчика. Грунт разбуривается нижней частью снаряда с последующим уплотнением цилиндрической частью. Буровой инструмент также служит для подачи бетонной смеси на забой скважины, и для заполнения скважины бетоном под давлением при помощи бетононасоса, что, в свою очередь, обеспечивает опрессовку скважины и увеличение площади передачи нагрузки (за счет площади поверхности уплотненного грунта) примерно на 30 %.

Последовательность выполнения работ по сооружению буронабивных свай по технологии «DDS» включает в себя следующие операции: подготовка рабочей площадки для обеспечения маневра буровой установки и доставки бетона; монтаж бурового и вспомогательного оборудования; постановка бурового станка БГ-25 на точку для устройства скважины под сваю, и точная фиксация бурового инструмента с использованием геодезической основы разбивки осей; проходка скважины ходом инструмента вниз; подсоединение бетононасоса «МЕСВО» к установке БГ-25; подъем бурового инструмента вверх с одновременным закачиванием бетона через клапанное устройство в нижнюю зону скважины под давлением до 300 кПа; контроль давления бетона по датчику (при увеличении давления бетона необходимо увеличить скорость подъема бурового инструмента); отсоединение бетононасоса «МЕСВО» от установки БГ-25; отъезд установки БГ-25 от скважины; установка монтажного крана, оборудованного вибропогружателем, рядом с заполненной бетоном скважиной, для погружения арматурного каркаса (при работе в стесненных условиях, исходя из построечных условий, арматурный каркас может погружаться с использованием специальной лебедки буровой установки БГ-25); погружение в скважину с бетоном арматурного каркаса с удлинителем на проектную отметку при помощи вибропогружателя; отсоединение удлинителя от каркаса и извлечение его из скважины.

Целесообразность применения данного вида буронабивных свай вытеснения определяется конкретными инженерно-геологическими условиями строительной площадки и особенностью объекта на основе технико-экономических показателей возможных вариантов проектных решений. Данная технология наиболее эффективна в условиях залегания водонасыщенных пылевато-глинистых грунтов с низкими показателями прочностных и деформационных свойств в Санкт-Петербурге, Северо-Западном и других регионах России.

Буронабивные сваи вытеснения, выполняемые по технологии «DDS», могут использоваться в широком спектре строительства, как при новом строительстве, так и при реконструкции существующих зданий и сооружений: в качестве свайных фундаментов встроек, пристроек при реконструкции внутригородских территорий и действующих промышленных предприятий; для устройства свайных фундаментов при строительстве зданий и сооружений с нагрузкой на сваю до 3500 кН; для стабилизации слабых неконсолидированных водонасыщенных пылевато-глинистых грунтов в основании насыпей, дорог; при устройстве свайных оснований транспортных сооружений (мостов, путепроводов, галерей под трубопроводы); при уплотнении грунтов для обеспечения противооползневой защиты.

Ограничением по применению свай, изготавливаемых по технологии «DDS», являются большие толщи (более 6–8 метров) плотных песчаных и гравийных грунтов, глин твердой консистенции или выветрелых трещиноватых скальных пород.

В случае наличия данных грунтов сваи «DDS» могут использоваться при следующих условиях: толща несжимаемого грунта ограничена, напластования над слоем несжимаемого грунта должны быть сжимаемы, при забуривании в несжимаемый слой, вытесняемый грунт отжимается вверх.

Раскатчики скважин могут найти широкое применение не только для бестраншейной прокладки и ремонта коммуникаций (реновации), а также: сооружения «стены в грунте»; устройства набивных свай; устройства скважин для анкерных креплений; возведения столбчатых фундаментов; сооружения экранов в скважинах для захоронения радиоактивных отходов; образования скважин для погружения в них железобетонных свай; уплотнения слабых водонасыщенных грунтов; формирования профильных скважин; других технологиях, где есть повышенные требования к устойчивости скважины.

Наиболее широкое применение раскатчики скважин могут найти при устройстве набивных свай для подготовки основания фундаментов промышленных и гражданских зданий и сооружений. Практика показывает, что набивные сваи, изготовленные с применением раскатчиков скважин, имеют значительно большую несущую способность по сравнению с набивными сваями, изготовленными в пробуренных скважинах - за счёт образования уплотнённой зоны грунта вокруг сваи. Набивные сваи в раскатанных скважинах имеют большее преимущество также и перед забивными сваями. Технология изготовления набивных свай с применением раскатчиков скважин позволяет изготавливать сваи практически любого диаметра на любую глубину и любого профиля (с уширенной пятой, с винтовой нарезкой и пр.).

Буровые сваи изготавливают в грунте путем заполнения пробуренных скважин бетонной смесью. Для бурения используют шнеки и буры, закрепляемые на концах штанг буровых установок. В неустойчивых водонасыщенных грунтах бурение скважин осуществляют под защитой обсадных труб, которые предотвращают наплыв грунта в скважину и его избыточный отбор.

Набивные сваи, в отличие от буровых, бетонируют в скважинах, образованных за счет вытеснения (раскатки) грунта в радиальном направлении с помощью ввинчивания трубы, на конце которой закреплен раскатывающий орган или оставляемый в грунте наконечник.

Применительно к технологиям изготовления буровых и набивных свай используют термин «щадящие», подразумевая, что они не оказывают существенных динамических нагрузок на грунты основания. Однако отсутствие значительных динамических воздействий, которые, например, возникают при забивке свай, не обязательно предполагает отсутствие ощутимых дополнительных деформаций близкорасположенных зданий. Известны случаи, когда именно «щадящие» технологии изготовления свай в грунте приводили к аварийным деформациям соседних зданий.

Для изготовления буровых свай характерна дополнительная осадка зданий соседней застройки, величина которой зависит от технологии бурения и свойств грунтов.

При устройстве набивных свай наблюдается обратное явление. За счет раскатки скважины происходит выдавливание грунта в стороны и отмечаются подъемы близкорасположенных зданий, приводящие к их неравномерным деформациям. Кроме этого, скрытую угрозу представляют сваи, получившие выпор при изготовлении последующих. График статических испытаний на вдавливание поднятых выпором свай можно разделить на две стадии. Для первой стадии характерна провальная осадка сваи на величину ее выпора. Вторая стадия начинается уплотнением грунтов под пятой сваи.

Раскатка скважин — непрерывный процесс образования цилиндрически-конической полости в грунте путем его вытеснения в сторону уплотнения, который осуществляется специальным навесным снарядом — раскатчиком скважин. Грунт из скважины не извлекают, как при бурении, а раздвигают и уплотняют — «раскатывают» его в радиальном направлении.

Раскатчик при проходке в сжимаемых грунтах вдавливает грунт в стенки скважины, существенно уплотняя их. В результате отпадает необходимость применения бентонитового раствора для укрепления стенок скважины и выноса грунта на поверхность. Также становится ненужным использование дополнительного дорогостоящего оборудования для приготовления бентонитового раствора и его подачи в забой. Это позволяет получить устойчивую цилиндрическую скважину с зоной уплотненного грунта, примыкающего к ней.

По сравнению с буровым инструментом раскатчик обеспечивает высокую несущую способность сваи, устроенной в раскатанной скважине, за счет образования вокруг нее уплотненной зоны грунта, что позволяет исключить просадку грунта и значительно снизить осадки фундаментов на слабом основании.

Известны различные конструкции раскатчиков скважин. Институтом горного дела СО РАН изобретен раскатчик, представляющий собой ряд установленных друг за другом на общем валу катков (цилиндров и конусов) и острия. Оси вращения катков смещены относительно оси вала, в результате чего образуется спиралевидная поверхность. Катки посажены на вал с помощью подшипников. При передаче валу вращения и продольного усилия катки начинают обкатывать и вдавливать в стенку скважины грунт и таким образом формировать ее.

Данная конструкция модифицирована НИИОСПом «ЦНИИОМТом» и ООО «Основание» г. Липецка. Модификация заключалась в упрощении конструкций раскатчика СО РАН при сохранении его внешней формы. В результате модификации катки перестали вращаться, что значительно упростило конструкцию и повысило надежность раскатчика.

**Применение метода раскатки**

скважина буронабивной свая раскатчик

Устройство работает следующим образом. При вращении приводного вала 1 от электропривода колеса 3, перемещаясь вдоль витков условной винтовой линии и обкатываясь по своим забоям, формируют стенку скважины и создают вектор силы тяги в направлении движения, обеспечивая продольную подачу устройства. Формируется скважина с плотными гофрированными стенками. Длина скважины определяется количеством присоединенных штанг.

Конструкция Проходчика обеспечивает условия для создания осевых и радиальных сил до 100 кН. Эти составляющие, во-первых, создают вектор силы тяги в направлении перемещения (не требуется усилие поджатия) и, во-вторых, формируют скважину с плотными стенками.

В комплект оборудования входят колонковые буры, алмазные коронки для сухого бурения, позволяющие сохранять направленность скважины при наличии в грунте инородных тел типа строительного мусора, корней деревьев.

Строительство подземных трубопроводов, устройство набивных свай, анкеров, «стены в грунте», зондирование и глубинное уплотнение грунтов, в т. ч. уплотнение слабых водонасыщенных грунтов, возведение столбчатых фундаментов, образования скважин для погружения в них железобетонных свай, формирования профильных скважин; других технологиях, где есть повышенные требования к устойчивости скважины.

Преимущества метода раскатки: относительно низкая энергоемкость процесса образования скважин, отсутствие вибраций для рядом стоящих сооружений и бесшумность, что важно при работах в городах и на многих предприятиях, экологическая безопасность, высокие скорости проходки — с учетом промежуточных операций — до 25м/час, высокая точность проходки — отклонение от оси на расстоянии 10м — 2 см, возможность использования в случаях, когда применение любых жидкостей размывки и укрепления скважин запрещено, например: подземные гаражи, аэропорты и т. д., возможность применения в стесненных городских условиях.

Возможность использования для любых грунтах, включая условия обводнения и вечной мерзлоты.

Экономическая эффективность метода раскатки: сокращение сроков строительства, снижение объемов земляных и взрывных работ, сокращение привлекаемого для работ специального оборудования, уменьшение задействованных трудовых ресурсов.

В качестве инструмента для проходки скважин под коммуникации применяются раскатчики, а не буровой инструмент. Раскатчики не извлекают грунт из скважины, а уплотняют (раздвигают) его в радиальном направлении. В результате отпадает необходимость применения бентонитового раствора для укрепления стенок скважины и выноса грунта на поверхность, следовательно, не нужно дополнительное дорогостоящее оборудование для приготовления бентонитового раствора и его подачи в забой. Кроме того, по сравнению с буровым инструментом раскатчик обеспечивает высокую несущую способность стенок скважины за счёт образования вокруг неё уплотнённой зоны грунта, что позволяет исключить просадку грунта над и под коммуникациями, благодаря этому повышается срок их службы. Раскатчики скважин могут найти широкое применение не только для бестраншейной прокладки и ремонта коммуникаций (реновации), а также: сооружения «стены в грунте»; устройства набивных свай; устройства скважин для анкерных креплений; возведения столбчатых фундаментов; сооружения экранов в скважинах для захоронения радиоактивных отходов; образования скважин для погружения в них железобетонных свай; уплотнения слабых водонасыщенных грунтов; формирования профильных скважин; других технологиях, где есть повышенные требования к устойчивости скважины. На наш взгляд наиболее широкое применение раскатчики скважин могут найти при устройстве набивных свай для подготовки основания фундаментов промышленных и гражданских зданий и сооружений. Практика показывает, что набивные сваи, изготовленные с применением раскатчиков скважин, имеют значительно большую несущую способность по сравнению с набивными сваями, изготовленными в пробуренных скважинах - за счёт образования уплотнённой зоны грунта вокруг сваи. Набивные сваи в раскатанных скважинах имеют большее преимущество также и перед забивными сваями. Технология изготовления набивных свай с применением раскатчиков скважин позволяет изготавливать сваи практически любого диаметра на любую глубину и любого профиля (с уширенной пятой, с винтовой нарезкой и пр.).

Раскатку скважин производили раскатчиками двух типов: сложной конструкции с подвижно посаженными (на подшипниках) на общем валу цилиндрическими и коническими катками, упрощенной цельнометаллической (на сварке или выточенной на станке) конструкции. Наиболее технологичными и эффективными оказались раскатчики упрощенной конструкции.

Машины для раскатки скважин в грунте. В большее распространение получают грунтопроходные машины безударного действия с самозавинчивающимся рабочим органом для раскатки в грунте горизонтальных, вертикальных и наклонив скважин, которые называют также раскатчиками грунта.

Число катков на валу рабочего органа зависит от технологи» производства работ и длины (глубины) проходки. Приводной мо»| тор-редуктор снабжен ребрами 5 для восприятия реактивного кру-1 тящего момента при вращении вала рабочего органа. Питание! привода раскатчика осуществляется посредством кабеля 6 или гид-1 рошланга высокого давления. Частота вращения вала раскатчика! бесступенчато регулируется в широком диапазоне. Средняя скорость проходки скважины в различных грунтах 10…20 м/ч. Кроме проходки скважин под коммуникации, раскатчики скважин ис пользуются для усиления оснований фундаментов действующи”

Рассмотрим некоторые особенности применения НРС при строительстве промышленных объектов.

В проекте производственно-лабораторного корпуса «Липецкгазэнергоремонт» из-за наличия толщи суглинистых грунтов (4,8—8,2 м), обладающих просадочными свойствами I типа, применены забивные висячие призматические сваи сечением 0,3x0,3 м, длиной 9 м. Погружение таких свай в сложившихся построечных условиях оказалось проблематичным по следующим причинам: крайняя стесненность площадки по условиям производства работ; вибрационное воздействие, возникающее при забивке свай, на близко расположенные здания и сооружения; сроки производства сваебойных работ; высокая стоимость свайного основания.

С целью совершенствования проектного решения устройства основания из набивных свай выполнено уточнение инженерно-геологических условий площадки расположения производственно-лабораторного корпуса с помощью зондировочнокаротажных скважин и определения физико-механических характеристик грунтов в их естественном залегании измерительным комплексом «ПИКА-15» по методике НИИОСП им Н. М. Герсеванова. Результаты исследований показали, что грунтовые условия площадки отличаются от проектных. В частности, мощность просадочных суглинков оказалась меньше проектной и составляла 2,8—3,4 м от отметки заложения подошвы монолитных отдельно стоящих фундаментов.

В данных условиях заказчику предложили применить НРС диаметром 250 мм, длиной 4 м. При этом размеры подошвы и конструкция монолитных фундаментов оставлены без изменения. Из-за необходимости устранения просадочных свойств грунтов в между свайном пространстве расстояние между НРС принято равным 3 d, т. е. 750 мм, а значение плотности грунта в сухом состоянии между сваями установлено ра> 1,65 г/см3. Несущую способность НРС определяли по результатам статического зондирования комплексом «ПИКА-15» в соответствии с требованиями рекомендаций .

Для раскатки скважин применяли раскатчики скважин сложной конструкции с буровой установкой ПБУ-1 на шасси ЗИЛ-131. Производительность установки — 22-28 раскатанных скважин в смену. В процессе производства работ использовали чередующую последовательность раскатки скважин НРС, которая устраняла возможность разрушения ранее выполненных незабетонированных раскатанных скважин формируемой уплотненной зоной грунта между сваи ног о пространства.

Авторский надзор за устройством НРС установил: глубина раскатки скважин отвечала требованиям проекта. Раскатчик входил в несущий слой грунта не менее чем на 0,3 м, и наступал отказ дальнейшему его погружению при полном продольном осевом усилии, передаваемом на раскатчик установкой; стенки раскатанных скважин имели высокую плотность и еще несколько суток сохраняли устойчивость до бетонирования; в устье раскатанных, скважин образовывался выпор грунта высотой 15—25 см, диаметром 700 мм, свидетельствующий о наступлении предельного состояния уплотняемого раскаткой грунта. Так как выпор представлял собой разуплотненный грунт и располагался выше планировочной отметки заложения подошвы фундаментов, перед устройством бетонной подготовки его разрезали; бетонировали раскатанные скважины бетонной смесью класса В12,5 с осадкой конуса 5—8 см, которую уплотняли с помощью глубинного вибратора; НРС армировали двумя арматурными стержнями (диаметр 12 мм, класс AIII) сразу после бетонирования скважины и оформления оголовка сваи в съемной кольцевой опалубке; прочность бетона контролировали по результатам испытаний на сжатие образцов-кубиков (10x10x10 см) в возрасте 14 и 28 сут., а также методом пластических деформаций по ГОСТу непосредственно в теле свай. Результаты испытаний показали, что прочность бетона соответствует требованиям проекта и составляет не менее 20 МПа.

В отличие от традиционных способов бурения, где разрушенная порода выносится на поверхность, раскатчик при проходке в сжимаемых грунтах вдавливает ее в стенки скважины, существенно уплотняя их. Это позволяет получить устойчивую цилиндрическую скважину, в которой могут быть проложены коммуникации различного назначения. Кроме того, по сравнению с буровым инструментом раскатчик обеспечивает более высокую несущую способность стенок скважины за счет образования вокруг нее уплотненной зоны грунта. Это позволяет исключить просадку грунта над и под коммуникациями, за счет чего повышается срок их службы.

Данная технология может быть применена в электроэнергетике, ЖКХ, телекоммуникациях, нефтегазовой отрасли, строительстве.

Бестраншейная прокладка трубопроводов, кабелей, линий связи; разрушение старой трубы и затягивание в нее новой трубы - вот далеко не полный перечень работ, выполняемых с помощью раскатчиков.

К преимуществам проходки скважин раскаткой можно отнести следующие:

а) уменьшение себестоимости буровых работ до 60% (!) в зависимости от диаметра скважины;

б) отсутствие вибрации и бесшумность проходки скважин;

в) возможность образования скважин больших диаметров и протяженности;

г) высокие скорости проходки;

д) низкая энергоемкость процесса образования скважин.

Раскатчики незаменимы, где образование скважин с применением буровых жидкостей нежелательно, например, подземные гаражи, подвалы домов и т. п.

Они могут работать в стесненных городских условиях без выемки грунта.

Экономическая эффективность технологии раскатки состоит в следующем:

• сокращение сроков строительства;

• снижение объемов земляных работ;

• сокращение привлекаемых для производства работ техники и специального оборудования;

• уменьшения обслуживающего персонала при производстве работ.

**Список использованной литературы**

ГОСТ 22690-88. Бетоны. Определение прочности механическими методами неразрушающего контроля.

Саурин, А.И., Рекомендации по проектированию и устройству набивных свай в раскатанных скважинах /А.И.Саурин. - ГУП НИИОСП им. Н.М. Герсеванова. М., 2000. – 234с.

Саурин, А.Н., Редькина, Ю.В., Сваи в раскатанных скважинах / А.Н.Саурин, Ю.В. Редькина // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. - 2005.- № 12. – С.12-17.