

ОПЫТ И ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ВИНТОВЫХ СВАЙ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

В. П. Чернюк, В. И. Юськович, С. М. Семенюк, Е. И. Шляхова
Брестский государственный технический университет
(г. Брест, Республика Беларусь)

Приведен опыт и перспективы применения винтовых свай в строительстве, в том числе в нефтегазовом, например, при прокладке трубопроводных систем, сосредоточенных сооружений нефти и газа, где преимущества винтовых свай перед другими конструкциями свай наиболее очевидны. Опыт применения винтовых свай дан на примере многих стран мира: Китая, Индии, России, СССР, Великобритании и др. Представлены три достаточно простые и одновременно наиболее эффективные по многим параметрам конструкции винтовых свай, защищенные патентами РБ на изобретения и полезные модели и авторскими свидетельствами СССР.

Ключевые слова: *винтовые сваи, анкеры, якоря, достоинства, перспективы применения, преимущества, несущая способность, грунтовые условия.*

The paper presents the experience and prospects of using screw piles in construction, including in oil and gas, for example, when laying pipeline systems, concentrated oil and gas structures, where the advantages of screw piles over other pile designs are most obvious. The experience of using screw piles is given by the example of many countries of the world: China, India, Russia, the USSR, Great Britain, etc. Three fairly simple and at the same time the most effective in many respects designs of screw piles, protected by the patent of the Republic of Belarus for inventions and utility models and copyright certificates of the USSR, are presented.

Keywords: *screw piles, anchors, anchorage, advantages, prospects of application, bearing capacity, soil conditions.*

В практике строительства насчитывается несколько тысяч разнообразных конструктивных решений анкерных устройств, включая винтовые сваи [1, с. 8–10].

Конструкции анкерных устройств и приспособлений в качестве морских и речных якорей известны более пяти тысяч лет назад [2, с. 3–5]. Проблема анкерования конструкций впервые возникла при возведении больших висячих мостов в середине позапрошлого века [3, с. 5–20]. Растягивающие усилия передавались на грунт анкерными массивами большой массы.

Первые сообщения об использовании винтовых свай, анкеров и якорей относятся к 30–40-м гг. того же столетия в Англии. Конструкция применяемого в Англии анкера представляла собой винтовую сваю с деревянным стволом и металлическим винтовым наконечником. Поскольку деревянные стволы плохо работали на кручение, а еще хуже дело обстояло с соединением ствола с лопастью, винтовые сваи применялись только в легких грунтах, чаще всего в приморских районах, в качестве анкеров для причальных сооружений, маяков, якорей для удержания буйков и швартовых бочек.

Высокая несущая и анкерующая способность, небольшая стоимость и простота конструкций фундаментов из винтовых свай, анкеров и якорей позволяют считать данный вид фундаментов наиболее прогрессивным и достаточно эффективным техническим решением в фундаментостроении.

Один из самых первых в мире якорей-винтов запатентован английским гидротехником Митчеллом в 1848 году. Незадолго перед этим Митчелл доказал, что если якорь ввинтить с помощью рычага на определенную глубину и попытаться вырвать, то придется приложить силу, которая будет способна вытащить массу грунта, составляющую обращенный конус с диаметром основания, равным диаметру винта. После покупки у изобретателя патента управление порта Ньюкасл-алон-тайм с помощью винтовых якорей соорудило систему надежных якорных бочек для приема приходящих

на рейд судов и построило ряд дешевых и надежных маяков в тех местах, где до этого обходились временными плавучими сооружениями. Англичане утверждают, что некоторые маяки на винтовых сваях Митчелла стоят до сих пор, т. е. более 200 лет.

С развитием техники стволы винтовых свай стали изготавливать из металлических труб с заполнением их бетоном после достижения проектной глубины завинчивания. В середине прошлого столетия были распространены винтовые сваи с диаметром стволов 12,5 см. Известны случаи применения винтовых свай со стволами 17,6 и 21 см. Дальнейшее развитие и совершенствование конструкций винтовых свай шло как по линии увеличения диаметров стволов, так и диаметров лопастей винтового башмака.

В Китае винтовые сваи с металлическим стволом диаметром 35,0 см с толщиной стенки 2,0 см и чугунным винтовым башмаком с лопастью диаметром 120,0 см и шагом 25 см были применены в 1902 г. при сооружении железнодорожной линии Пекин-Нанкин. Построенный на винтовых сваях мост через р. Хуанхэ у станции Цзинчжоу после усиления по рекомендациям советских инженеров верхней части металлических опор эксплуатируется до сих пор, т. е. более 100 лет.

В России винтовые сваи были применены впервые в 90-х гг. позапрошлого столетия в качестве фундаментов мостов при строительстве железной дороги Самтредиа-Поти с металлическим стволом диаметром 20 см и лопастью диаметром 100 см. Опоры на этих сваях успешно эксплуатировались вплоть до 1940 г., т. е. более 50 лет.

Винтовые сваи широко применялись в качестве анкеров в США при прокладке нефтепровода по дну Мексиканского залива, в СССР – при строительстве газопроводов в районах Крайнего Севера, в Канаде, странах Западной Европы при строительстве мостов на автомобильных дорогах, в гидротехническом строительстве.

В 1950–1960 гг. началось широкое внедрение в практику строительства инъекционных, раскрывающихся, раздвижных и других анкерных устройств. В 1961 г. на винтовых сваях возведены опоры радиорелейной линии Москва-Свердловск, в 1964 г. построен участок линии электропередачи напряжением 330 кВ Каунас-Советск.

Для завинчивания свай применяются электрокабестаны, специальные установки, машины и механизмы, например, МЗС-13, МЗЯ [4, с. 20–100].

Винтовые анкерные устройства и приспособления одинаково хорошо работают на вдавливающие, выдергивающие и горизонтальные знакопеременные нагрузки, возникающие от влияния температурных воздействий, массы конструкций и вышележащих элементов, особенно ветровых и снеговых нагрузок, сил морозного пучения грунта, динамических усилий, гидростатического напора и др.

Наибольшую эффективность винтовые сваи обеспечивают в районах распространения вечной мерзлоты, слабых, болотистых, водонасыщенных, пластичных и пластично-мерзлых грунтов. Одна винтовая свая в указанных природно-климатических и мерзлотно-грунтовых условиях может заменить по несущей способности до десятка других конструкций свай (забивных, опускных, буроопускных, бурозабивных и набивных) за счет весьма развитой в плане винтовой лопасти и малого диаметра ствола винтовой сваи.

Благодаря большим размерам (диаметру) винтовой лопасти, винтовая свая имеет значительную несущую способность по грунту основания, а малому диаметру ствола – небольшую массу конструкции. Особенно это характерно для удельного их соотношения, т. е. удельному показателю несущей способности сваи к единице ее массы, измеряемому в кН/т. Этот показатель во много раз выше для винтовых свай по сравнению с другими.

В УО БрГТУ разработано несколько десятков (более 50) различных конструкций и технических решений винтовых свай, защищенные как а.с. СССР, так и патентами РФ на изобретения и полезные модели. Отметим несколько из них как наиболее простые и доступные для внедрения конструкций: в виде штопора (а.с. № 1491963), с водоподающими

отверстиями и резами (а.с. №1157164), с режущей лопастью-зубом и загрузочным отверстием (а.с. № 1201404), со смещенными продольными осями винтовой лопасти и ствола (а.с. № 1390302), в виде скрученной полосы (а.с. № 1645368), с винтовой лопастью, изготовленной из участка ствола сваи (патент РБ на полезную модель № 2022), применение которых в строительстве может дать существенный экономический эффект.

На основе расчетов винтовых свай и их лопастей [4, с. 150–170] авторами предложены три новые эффективные конструкции винтовых свай (рис.).

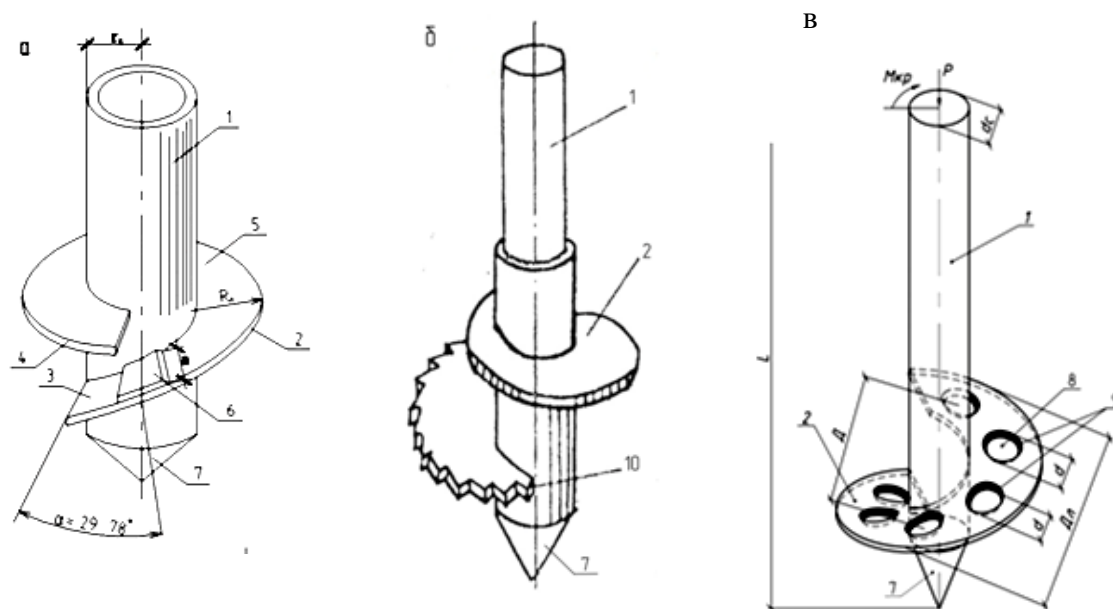


Рис. Эффективные конструкции винтовых свай:

с усилением передней (режущей) части лопасти (а); с режущими зубьями (б); с облегченной лопастью (в): 1 – ствол; 2 – винтовая лопасть; 3 – заходная (режущая) часть; 4 – задняя (хвостовая) часть; 5 – центральная часть лопасти; 6 – накладка (утолщение); 7 – конический наконечник; 8 – сквозные поперечные отверстия; 9 – фаски; 10 – режущие зубья

1. Так как винтовая лопасть в режущей и хвостовой частях ослаблена радиальными разрезами, то требуется ее утолщение в наиболее загруженных местах вблизи ствола, что целесообразно выполнить путем приварки накладок в ослабленных местах на некотором удалении от разреза $\alpha=29\div78^\circ$ (рис. а). При этом вылет накладки относительно ствола α должен быть более $1/20$ вылета лопасти.

2. Поскольку загруженность винтовой лопасти по периферии равна нулю, то, с целью снижения энергоемкости погружения винтовой сваи завинчиванием, по ее наружной кромке (наружному диаметру) целесообразно устраивать режущие зубья, аналогично обычной пиле (рис. б).

3. Так как загруженность винтовой лопасти сваи в центральных сечениях незначительна (средняя), то, с целью снижения материалоемкости (металлоемкости) лопасти, в срединной ее части возможно выполнение сквозных поперечных отверстий, не снижающих несущей способности винтовой сваи по грунту основания, зато уменьшающих материалоемкость изделия на $25\div50\%$ (рис. в).

Такая винтовая свая содержит ствол 1 и прикрепленную к нему на нижнем конце винтовую лопасть 2. В теле винтовой лопасти 2 в центральной ее части по окружности диаметром $D = (D_n + d_c)/2$ (в средней части) через $45\div60^\circ$ выполнены перпендикулярно плоскости винтовой лопасти 2 сквозные поперечные отверстия 3 с фасками 4 в количестве $6 \div 8$ штук

(при угле 60° – 6 шт. ($360 \div 60 = 6$), при угле 45° – 8 шт. ($360 \div 45 = 8$)) диаметром $d = (0,6 \div 0,9) \times (D_{\text{л}} - d_{\text{с}}) \div 2$, где: $D_{\text{л}}$ – диаметр винтовой лопасти, $d_{\text{с}}$ – диаметр ствола.

Погружают такую винтовую сваю в грунт путем приложения к стволу 1 осевого усилия P и крутящего момента $M_{\text{кр}}$. В грунте винтовая свая может работать, как и все винтовые сваи, на вдавливающие, выдергивающие или горизонтальные нагрузки. При этом, благодаря арочному эффекту в сквозных поперечных отверстиях 8, последние практически никакого отрицательного влияния на несущую способность сваи по грунту основания не оказывают, т. к. фактически (согласно нормативным документам) в расчетах учитывается только площадь поперечного сечения брутто торца ствола сваи 1 и винтовой лопасти 2 (также брутто без учета отверстий). Но зато наличие сквозных поперечных отверстий 8 в винтовой лопасти 2 может снизить ее металлоемкость и материалоемкость, по нашим подсчетам, минимум на 30–40 % и больше, в зависимости от размеров ствола и винтовой лопасти, для доказательства чего следует разделить объем (или площадь) всех отверстий в лопасти к объему (площади) всей винтовой лопасти за вычетом ствола.

Расчет несущей способности по грунту основания винтовой сваи, как и всех других известных, можно выполнить в соответствии с действующим Приложением П 13 к отмененному нормативному документу СНиП 2.02.03-85, а также по [1, с. 40–67; 2, с. 39–48].

Представленные винтовые сваи имеют простую конструкцию, обладают минимальной материалоемкостью (металлоемкостью) и энергоемкостью погружения. Сваи эффективны и целесообразны в применении во многих отраслях народного хозяйства, в том числе в фундаментостроении [1–8].

Список литературы

1. Чернюк, В. П. Инженерные расчеты винтовых свай и анкеров в строительстве: монография / В. П. Чернюк, Е. И. Шляхова. – М. : РУСАЙНС, 2019. – 138 с.
2. Чернюк, В. П. Технические, технологические и прочностные расчеты винтовых свай / В. Чернюк, А. Бондарь, Е. Шляхова. – Германия, LAP LAMBERT Academic Publishing, RU, 2017. – 117 с.
3. Скрягин, Л. Якоря / Л. Скрягин. – М. : Транспорт, 1979. – 144 с.
4. Чернюк, В. П. Винтовые сваи и анкеры в строительстве / В. П. Чернюк, В. Н. Пчелин, В. Н. Черноиван. – Минск : Ураджай, 1993. – 176 с.
5. Купчикова, Н. В. Предложения по дополнению классификации конструкций готовых и набивных свай с поверхностными уширениями и наклонными боковыми сваями / Н. В. Купчикова // Строительство и реконструкция. – 2015. – № 4 (60). – С. 32–41. – EDN SAVFPV.
6. Купчикова, Н. В. Аналитический метод определения перемещений свайных фундаментов с уширениями вверху на горизонтальное статическое воздействие / Н. В. Купчикова // Строительство и реконструкция. – 2015. – № 1 (57). – С. 33–39. – EDN TQAXAV.
7. Купчикова, Н. В. Технологическая эффективность применения свай с поверхностными уширениями в зависимости от изменения геометрии сборных клиньев в просадочных грунтах / Н. В. Купчикова // Промышленное и гражданское строительство. – 2014. – № 6. – С. 40–43. – EDN SFBUQJ.
8. Купчикова, Н. В. Учет сдвиговых деформаций свайных фундаментов с усиливающими элементами / Н. В. Купчикова // Строительная механика и расчет сооружений. – 2014. – № 3 (254). – С. 17–22. – EDN SGHJDL.