

УДК 624.154

ВИНТОВЫЕ СВАИ – ОДИН ИЗ ЛУЧШИХ СПОСОБОВ АНКЕРОВКИ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ И ЛИНЕЙНО-ПРОТЯЖЕННЫХ СИСТЕМ НЕФТИ И ГАЗА

В.П. Чернюк, Е.И. Шляхова

Брестский государственный технический университет, Республика Беларусь

e-mail: patent@bstu.by, katusha_bstu@mail.ru

В статье указаны реальные пути снижения энергоемкости погружения и металлоемкости (массы) винтовых свай и анкеров за счет выполнения рациональных форм винтовых лопастей и экономичных конструкций стволов свай, представлены несколько новых технических решений свай и анкеров с эффективными лопастями и стволами, защищенные патентами РБ.

Ключевые слова: винтовые сваи, анкеры, грунт, энергоемкость погружения, металлоемкость, масса, лопасти, стволы, конструкции, патенты.

SCREW PILES ARE ONE OF THE BEST WAYS TO ANCHOR BUILDING STRUCTURES AND LINERLY EX-TENDED OIL AND GAS SYSTEMS

V. Chernyuk, E. Shlyakhova

Brest State Technical University, Republic of Belarus

e-mail: patent@bstu.by, katusha_bstu@mail.ru

The article states the realistic ways to reduce energy consumption of pile sinking and metal consumption (weight) of screw piles and anchors by means of creating rational shapes of screw blades and economical designs of pile barrels; some new technical solutions of piles and anchors with effective blades and barrels protected by patents of the Republic of Belarus are presented.

Keywords: screw piles, anchors, ground, energy consumption of pile sinking, metal consumption, mass, blades, shafts, designs, patents.

Введение. Винтовые сваи и анкеры составляют особую группу фундаментов в строительстве, их устанавливают в грунт, в отличие от других типов (забивных, набивных, с уширенной пятой, трамбованных и др.), завинчиванием, в частности при прокладке линейно-протяженных объектов, сооружений и сетей длиной сотни и тысячи километров, например, трубопроводных систем нефти и газа, линий электропередачи и тому подобных объектов. Они широко применяются в линейном строительстве на Севере России, в Западной Европе (Франции, Германии, Норвегии, Великобритании), на территории Северной Америки (Канаде, США, Мексике). Количество технических и конструктивных решений винтовых свай и анкеров превышает несколько тысяч видов [1-5], в том числе авторских разработок более сотни [6-9]. Многие из них опубликованы как, в нашей стране, так и за рубежом (в Германии, России, Молдавии, Украине и др.).

Высокая несущая и анкерующая способность винтовых свай и анкеров по грунту основания (выше в несколько раз по сравнению с другими техническими решениями), небольшая стоимость и простота конструкций фундаментов из винтовых свай, анкеров и якорей, эффективная работа в грунте на действие выдергивающих вертикальных и горизонтальных нагрузок, возможность многократного использования винтовых свай (за счет их вывинчивания из грунта основания), значительная удельная несущая способность винтовых свай в основании (в кН/т, на одну тонну массы винтовой сваи, свыше 10 раз), минимальная металло- и материалоемкость конструкций винтовых свай (на 50-70% меньше), высокий уровень механизации работ являются

основными преимуществами винтовых свай и анкеров перед забивными (готовыми) сваями заводского изготовления и другими видами свай построечного изготовления, что предопределяет рациональную область их применения. Более подробно достоинства и недостатки винтовых свай перед забивными конструкциями свай заводского изготовления в табличном виде приведены в работе [5].

Значительную эффективность винтовые сваи, анкеры, якоря, устройства и приспособления обеспечивают при применении их в сложных грунтовых условиях: в районах распространения слабых, болотистых, водонасыщенных и пластичных грунтов, характерных для Республики Беларусь, а также в условиях залегания вечно-, сезонно- и пластично-мерзлых грунтов, преимущественно распространенных на территории Российской Федерации, а именно такие грунты в определенном состоянии (талом, пластичном, оттаивающем) обладают небольшими прочностями, механическими и значительными деформационными характеристиками.

Основная (изобретательская) часть. Принципиально наиболее простая, экономичная и минимально энергоемкая винтовая свая представляет собой полый (или сплошной), но длинный цилиндрический, чаще всего металлический, ствол или трубу, имеющих на нижнем конце менее развитую, преимущественно металлическую (литую, сварную), винтовую лопасть или башмак, либо плоскую, раздвинутую на величину шага винтовую лопасть, пластину (патент РБ на полезную модель № 6652) или, что реже, пластмассовую или железобетонную лопасть.

Винтовая лопасть выполняется из металлической кольцевой пластины, ограниченной по периметру внутри и снаружи окружностями, снабжена радиальным прямолинейным или криволинейным разрезом и разведена за концы в разные стороны на величину шага винтовой лопасти. Криволинейный разрез в заходной части делается выпуклым, а в хвостовой – вогнутым наружу.

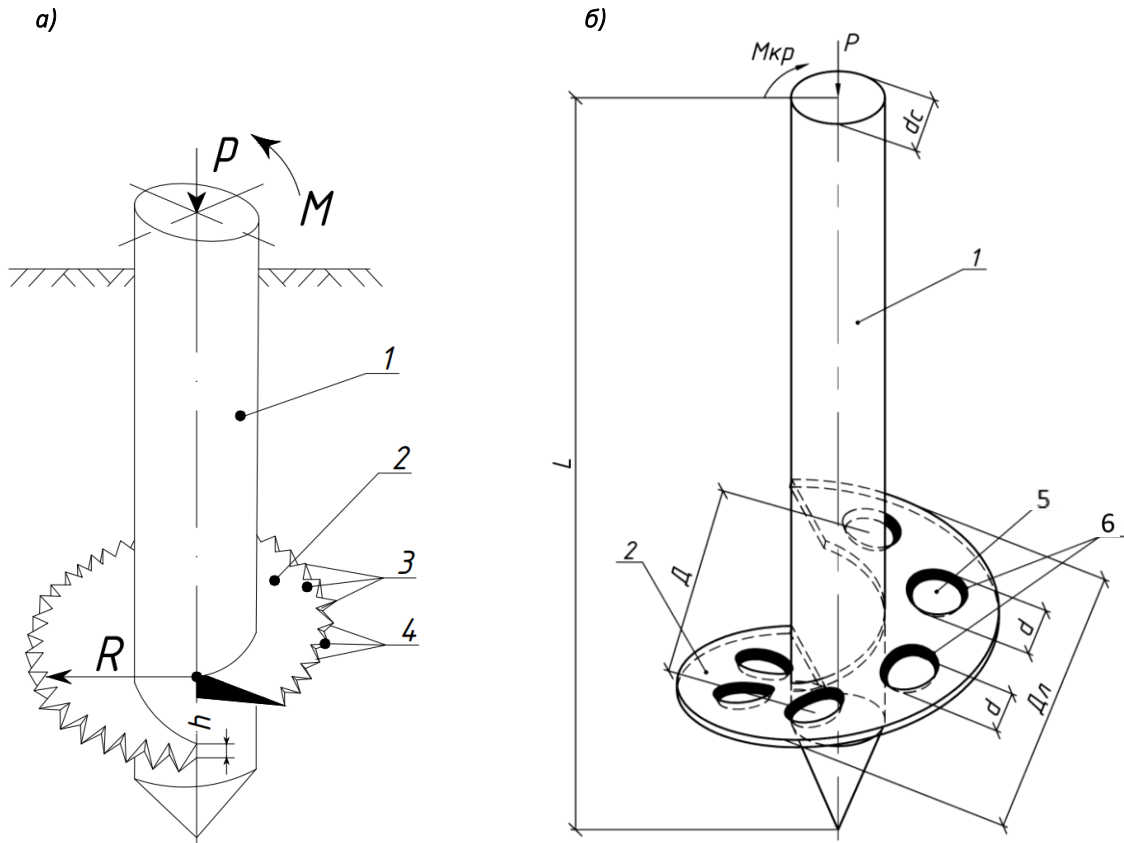
Таким образом, основную массу (или металлоемкость) винтовой сваи составляют винтовая лопасть и цилиндрический ствол. Винтовая лопасть вносит меньшую долю в металлоемкость изделия из-за ограниченности ее размеров (толщина 3-5 см и диаметр максимум 1-1.25 м) по сравнению с цилиндрическим стволом, достигающим длины 5-10 м [1] и обеспечивающим основную (большую) долю в металлоемкости винтовой сваи.

Следовательно, имеются два варианта работ для снижения металлоемкости винтовой сваи: первый – это снижение массы винтовой лопасти (без ухудшения других технико-экономических показателей-диаметра и шага винтовой лопасти) и второй- снижение массы и, даже, извлечение или исключение из конструкции винтовой сваи самого цилиндрического ствола.

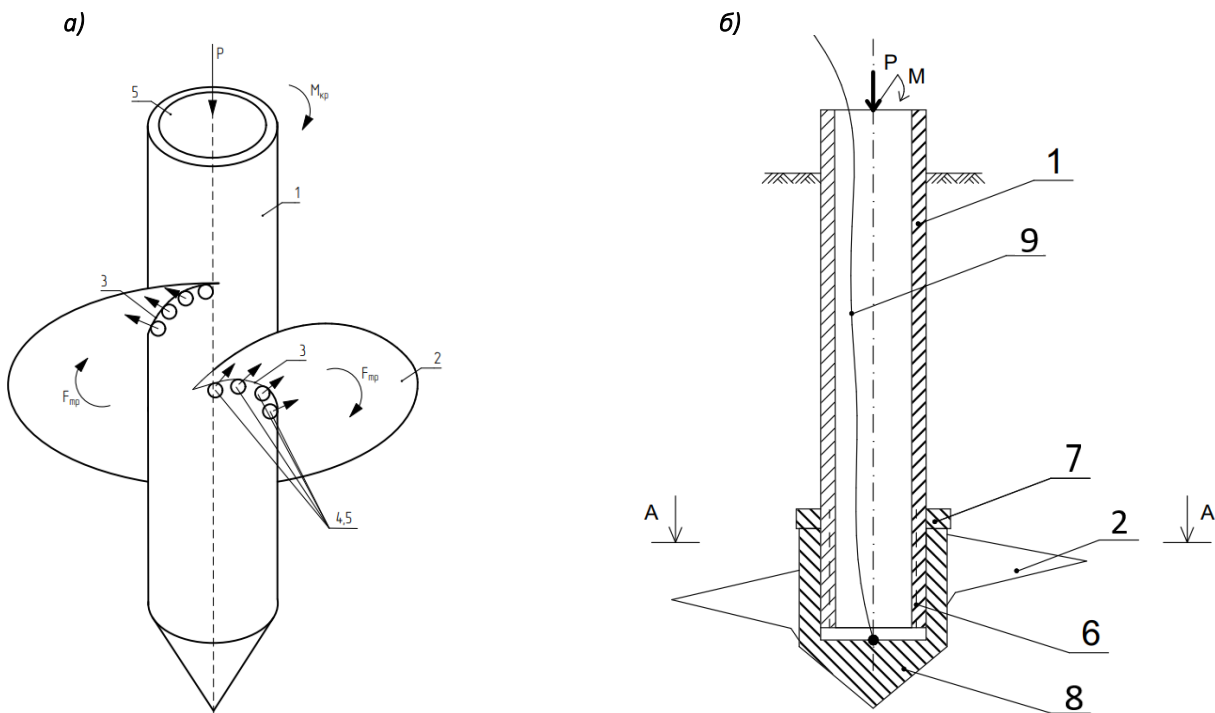
Согласно первому варианту снижение массы металлической винтовой лопасти может быть достигнуто путем реализации двух авторских разработок:

1. Путем устройства по периферии винтовой лопасти треугольных, заостренных и разведенных в разные стороны (через один) зубьев определенной толщины и длины (рисунок 1, а; патент РБ на полезную модель № 12891). Это позволяет, аналогично обычной двуручной пиле, не только существенно снизить энергоемкость завинчивания винтовой сваи в грунт, но и частично (на 5-10%) уменьшить металлоемкость винтовой лопасти, т.к. такая винтовая лопасть не режет грунт, а пилит.

2. Более существенно (до 50%) может снизить металлоемкость винтовой лопасти устройство сквозных отверстий в теле самой винтовой лопасти без снижения ее несущей способности по грунту основания (рисунок 1, б; патент РБ на полезную модель № 12584). Для этого в теле винтовой лопасти, в центральной ее части, по окружности диаметром $D=(Dл+dc)/2$ выполняют перпендикулярно плоскости винтовой лопасти сквозные поперечные отверстия диаметром d в количестве 6-8 штук (при угле разбежки 60° - 6 шт ($360/60=6$), при угле разбежки 45° - 8 шт ($360/45=8$)), где $d=(0,6-0,9)(Dл-dc)/2$ - диаметр отверстий, $Dл$ -диаметр винтовой лопасти, dc - диаметр ствола, D -диаметр окружности, на которой расположены отверстия.



1 – ствол; 2 – винтовая лопасть; 3 – режущие зубья;
4 – заостренные отогнутые кромки; 5 – сквозные поперечные отверстия; 6 – фаски
Рисунок 1. – Конструкции винтовых свай с облегченными зубчатыми лопастями (а)
и сквозными отверстиями (б)



1 – ствол; 2 – винтовая лопасть; 3 – винтовая линия;
4 – сквозные отверстия; 5 – вода; 6 – резьба; 7 – упор; 8 – ступица; 9 – гибкая тяга
Рисунок 2. – Конструкции винтовых свай с эффективными стволами
с отверстиями для подачи воды (а) и с извлекаемым стволом (б)

Согласно первому варианту снижение массы металлической винтовой лопасти может быть достигнуто путем реализации двух авторских разработок:

3. Путем устройства по периферии винтовой лопасти треугольных, заостренных и разведенных в разные стороны (через один) зубьев определенной толщины и длины (рисунок 1, а; патент РБ на полезную модель № 12891). Это позволяет, аналогично обычной двуручной пиле, не только существенно снизить энергоемкость завинчивания винтовой сваи в грунт, но и частично (на 5-10%) уменьшить металлоемкость винтовой лопасти, т.к. такая винтовая лопасть не режет грунт, а пилит.

4. Более существенно (до 50%) может снизить металлоемкость винтовой лопасти устройство сквозных отверстий в теле самой винтовой лопасти без снижения ее несущей способности по грунту основания (рисунок 1, б; патент РБ на полезную модель № 12584). Для этого в теле винтовой лопасти, в центральной ее части, по окружности диаметром $D=(Dл+dc)/2$ выполняют перпендикулярно плоскости винтовой лопасти сквозные поперечные отверстия диаметром d в количестве 6-8 штук (при угле разбежки 60° - 6 шт ($360/60=6$), при угле разбежки 45° - 8 шт ($360/45=8$)), где $d=(0,6-0,9)(Dл-dc)/2$ - диаметр отверстий, $Dл$ -диаметр винтовой лопасти, dc - диаметр ствола, D -диаметр окружности, на которой расположены отверстия.

При этом, как наличие режущих зубьев, так и наличие сквозных отверстий, несколько не снижают несущей способности винтовой сваи по грунту основания за счет той же площади опирания винтовой лопасти на грунт по причине арочного эффекта между ними.

По второму варианту масса винтовой сваи может быть снижена также двумя путями за счет применения более эффективного металлического ствола:

1. Для этого можно использовать тонкостенный или перфорированный сквозными отверстиями по длине или под винтовыми лопастями металлический полый ствол для подачи воды в зону трения грунта по лопасти или стволу сваи (рисунок 2, а; патент РБ на полезную модель № 12968). Это позволяет дополнительно уменьшить энергоемкость завинчивания винтовой сваи в грунт, причем это уменьшение осуществляется путем снижения сил трения грунта под винтовой лопастью и по боковой поверхности ствола за счет смазки водой трущихся поверхностей.

2. Существенно в несколько раз (до 10) можно уменьшить массу винтового анкера в процессе эксплуатации посредством выемки и извлечения ствола из конструкции винтового анкера, так как ствол необходим только для завинчивания винтовой лопасти в грунт на требуемую глубину (рисунок 2, б; патент РБ на полезную модель № 13114).

Винтовой анкер содержит ствол 1 и размещенную на его нижнем конце заостренную ступицу 8 с винтовой лопастью 2. Через полость ствола 1 пропущена гибкая тяга 9 от ступицы 8 до дневной поверхности. Нижний конец ствола 1 снабжен упором 7, а ниже резьбой 6, на которую навинчена с возможностью вращения ступица 8 с винтовой лопастью 2, одинаковой с резьбой 6 закрутки. Длина резьбы 6 от упора 7 до нижнего конца ствола 1 не превышает высоту ступицы 8.

Погружают винтовой анкер в грунт завинчиванием путем приложения к стволу осевого усилия P и крутящего момента M . Вместе с ним в грунт завинчивается ступица с винтовой лопастью, а также пропущенная через ствол гибкая тяга, прикрепленная нижним концом к ступице. Помогает завинчиванию ствола, ступицы и винтовой лопасти в грунт упор на стволе.

После окончательного завинчивания анкера в грунт на требуемую глубину ствол вывинчивают обратным вращением из ступицы, оставляя её, винтовую лопасть, и гибкую тягу в грунте (образованной скважине). Ствол можно использовать повторно или многократно для завинчивания других винтовых анкеров либо для других целей, уменьшая тем самым металлоемкость

конструкции и энергоемкость погружения в несколько раз, так как ствол весьма металлоемок из-за большой длины, а полезную выдерживающую вертикальную нагрузку будет воспринимать легкая гибкая тяга, т.е. ствол необходим только для завинчивания винтовой лопасти, а для эксплуатации необходимость в нем отпадает, его заменяет гибкая тяга в качестве оттяжки. Скважину в процессе работы засыпают грунтом обратной засыпки, местным или привозным грунтом.

Заключение. Следует отметить возможность и реалистичность путей снижения энергоемкости погружения и металлоемкости винтовых свай и анкером, а также работоспособность представленных конструкций. Все технологические, теоретические и прочностные расчеты упомянутых выше конструкций винтовых свай и анкером можно осуществлять в соответствии с монографией [10].

ЛИТЕРАТУРА

1. Чернюк, В.П., Пчелин, В.Н., Сеськов, В.Е. Эффективные конструкции анкерных и винтовых свай в промышленном и гражданском строительстве / Экспресс-информация // Серия «Строительство. Архитектура». – Минск: БелНИИТИ, 1983. – 21 с.
2. Спиридонов В.В., Пчелин В.Н., Чернюк В.П. Конструкции анкерных устройств и приспособлений с опорными лопастями / Обзорная информация // Серия «Механизация строительства». Вып. 9. – М.: Информнефтегазстрой, 1993. – 65 с.
3. Спиридонов В.В., Пчелин В.Н., Чернюк В.П. Анкерные устройства и приспособления в строительстве / Обзорная информация // Серия «Линейное трубопроводное строительство». Вып. 2. – М.: ВНИИПК техоргнефтегазстрой, 1986. – 65 с.
4. Спиридонов В.В., Пчелин В.Н., Чернюк В.П. Основания и фундаменты нефтегазопромысловых объектов в условиях распространения многолетнемерзлых грунтов / Обзорная информация // Серия «Строительство нефтегазопромысловых объектов». Вып. 9. – М.: ИИЦ ВНИИПК техоргнефтегазстрой, 1990. – 42 с.
5. Чернюк В.П. Винтовые сваи и анкеры в строительстве. / В.П.Чернюк, В.Н.Пчелин, В.Н.Черноиван. Монография – Минск: Ураджай, 1993 – 176 с.
6. Чернюк В.П., Шляхова Е.И. Опыт и перспективы применения винтовых свай при возведении фундаментов зданий и сооружений / Сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции «Мой старт в науке: архитектура, урбанистика, строительные технологии». – Орёл, 16-17 февраля 2021 г. – С. 140-143.
7. Чернюк В.П., Юськович В.И., Семенюк С.М., Шляхова Е.И. Прогрессивные конструкции винтовых свай для прокладки трубопроводов / Сборник научных трудов по материалам V Международной научно-практической конференции «Безопасный и комфортный город» - Орёл, 6–8 июня 2022 г. – С. 330-334.
8. Чернюк В.П., Шляхова Е.И. Энергоэкономные конструкции винтовых свай для прокладки линейно-протяженных сооружений / Материалы международного научного семинара «Проблемы энергоэффективности в различных отраслях» - ЧАСТЬ 1. – Брест: БрГТУ, 22.04.2022 г.– С. 39-41.
9. Шляхова Е.И., Чернюк В.П. Преимущества и недостатки винтовых свай перед забивными конструкциями свай заводского изготовления / Материалы международного научного семинара «Проблемы энергоэффективности в различных отраслях» - ЧАСТЬ 1. – Брест: БрГТУ, 22.04.2022 г.– С. 115-116.
10. Чернюк В.П. Инженерные расчеты винтовых свай и анкером в строительстве. / В.П.Чернюк, Е.И. Шляхова. Монография. – М.: Русайнс, 2019. – 140 с.