

При сравнении полученных в ходе испытаний усилий с усилиями, полученными из программного комплекса «ЛИРА-САПР», получим расхождения в значениях в 17,9 %, что свидетельствует о возможности применения данной методики в ходе проведения обследований зданий и сооружений.

#### **Список цитированных источников**

1. Тимошенко, С. П. Колебания в инженерном деле: пер. с англ. Л.Г. Корнейчука; под ред. Э.И. Григолюка / С.П. Тимошенко, Д.Х. Янг, У. Уивер. – Москва: Машиностроение, 1985. – 472 с.
2. Мониторинг за поведением металлических конструкций покрытия Летнего амфитеатра «Славянский базар» в г. Витебске при их эксплуатации: отчет о НИР/ Брестский государственный технический университет; рук. темы В.И. Драган. – Брест, 2008. – 154 с. – No 08/72.

УДК 624.154

*Шерко И. В.*

*Научные руководители: к. т. н., доцент Чернюк В. П.;  
ст. преподаватель. Шляхова Е. И.*

## **ПУТИ СНИЖЕНИЯ МЕТАЛЛОЕМКОСТИ ВИНТОВЫХ СВАЙ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ**

Целью данной работы является разработка новых эффективных, минимально металлоемких и энергоемких конструкций винтовых свай для их применения в строительстве, в частности, трубопроводных систем нефти и газа.

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.

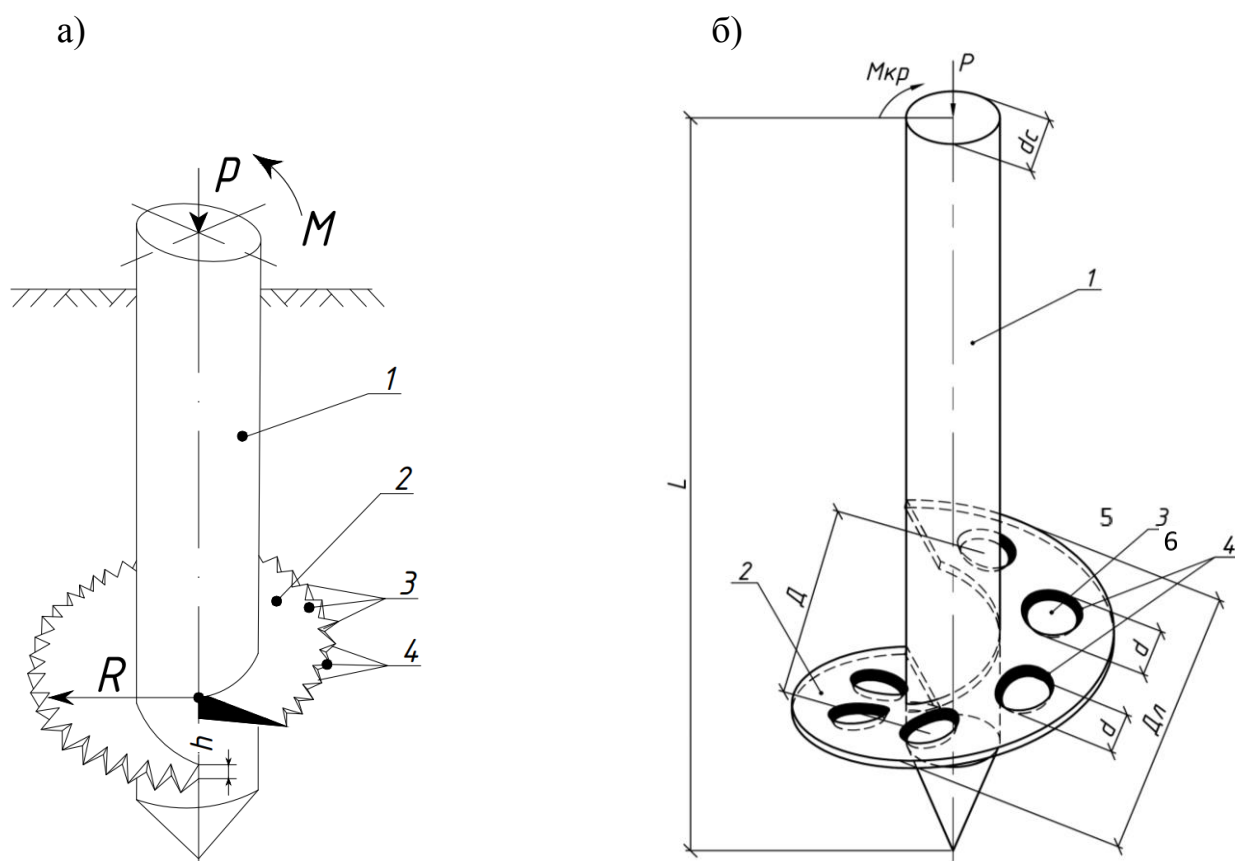
Винтовая лопасть выполняется из металлической кольцевой пластины, ограниченной по периметру внутри и снаружи окружностями, снабжена радиальным прямолинейным или криволинейным разрезом и разведена за концы в разные стороны на величину шага винтовой лопасти. Криволинейный разрез в заходной части делается 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; 2] 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.

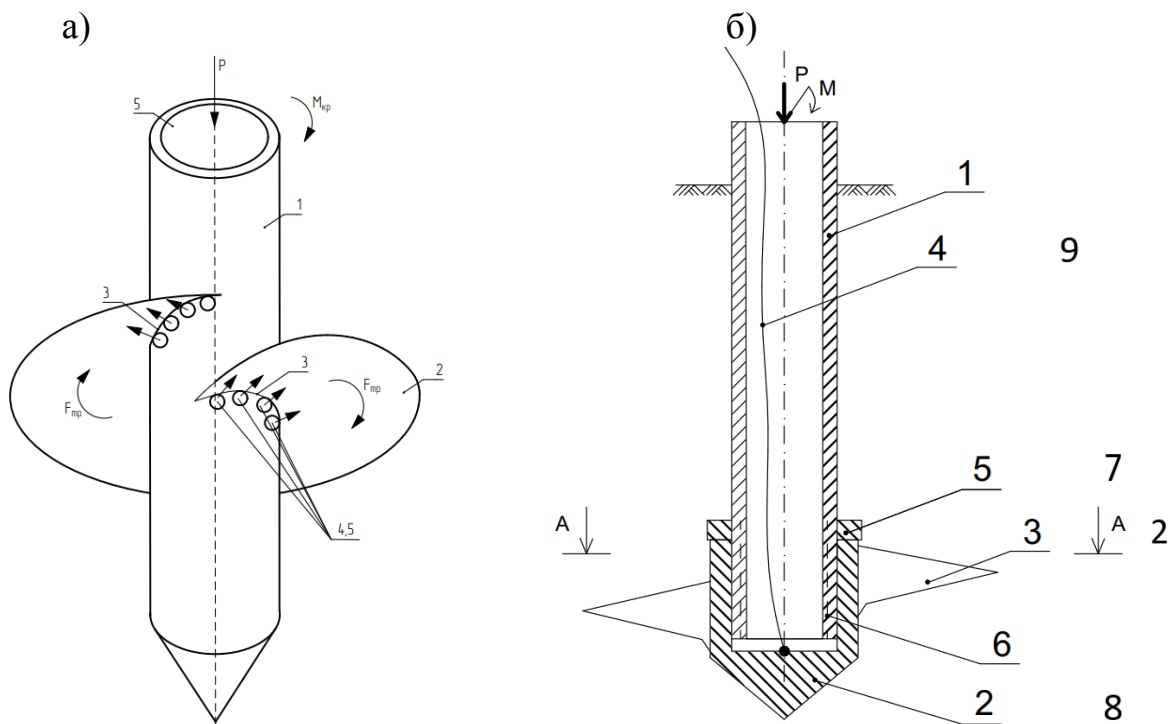
Согласно первому варианту снижение массы металлической винтовой лопасти может быть достигнуто путем реализации двух следующих разработок.

1. Путем устройства по периферии винтовой лопасти треугольных, заостренных и разведенных в разные стороны (через один) зубьев определенной толщины и длины (рисунок 1а; патент Республики Беларусь 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.



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:  
а) – с отверстиями для подачи воды; б) – с извлекаемым стволом**

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 1б; патент Республики Беларусь на полезную модель № 12584). Для этого в теле винтовой лопасти, в центральной ее части, по окружности диаметром  $D = (D_l + d_c) / 2$  выполняют перпендикулярно плоскости винтовой лопасти сквозные поперечные отверстия диаметром  $d$  в количестве 68 штук (при угле разбежки  $60^\circ$  – 6 шт ( $360 / 60 = 6$ ), при угле разбежки  $45^\circ$  – 8 шт ( $360 / 45 = 8$ )), где  $d = (0,6 - 0,9) (D_l - d_c) / 2$  – диаметр отверстий,  $D_l$  – диаметр винтовой лопасти,  $d_c$  – 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 другими путями посредством использования двух авторских разработок 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 2а; патент Республики Беларусь на полезную модель № 12968). Это позволяет дополнительно уменьшить энергоемкость завинчивания винто-

вой 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 2б; патент Республики Беларусь 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 ее, 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.

В заключение следует отметить возможность и реалистичность путей снижения энергоемкости погружения и металлоемкости винтовых свай и анкеров, а также работоспособность представленных конструкций. Все технологические, теоретические и прочностные расчеты упомянутых выше конструкций винтовых свай и анкеров можно осуществлять в соответствии с монографией [3].

#### **Список цитированных источников**

1. Чернюк, В. П. Эффективные конструкции анкерных и винтовых свай в промышленном и гражданском строительстве / В. П. Чернюк, В. Н. Пчелин, В. Е. Сеськов. Экспресс-информация // Серия Строительство. Архитектура. – Минск : БелНИИТИ, 1983. – 21 с.
2. Чернюк, В. П. Винтовые сваи и анкера в строительстве / В. П. Чернюк, В. Н. Пчелин, В. Н. Черноиван – Минск : Ураджай, 1993 – 176 с.
3. Чернюк, В. П. Инженерные расчеты винтовых свай и анкеров в строительстве / В. П. Чернюк, Е. И. Шляхова. Монография. – М : Русайнс, 2019. – 140 с.