

УДК 624.154

ОПЫТ И ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ВИНТОВЫХ СВАЙ ПРИ ВОЗВЕДЕНИИ ФУНДАМЕНТОВ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

В.П. Чернюк

кандидат технических наук,
доцент кафедры технологии строительного производства

Е.И. Шляхова

аспирант, старший преподаватель кафедры технологии строительного производства

Брестский государственный технический университет, г. Брест

e-mail: Katusha_bstu@mail.ru

Приведен отечественный и зарубежный опыт и перспективы применения винтовых свай в строительстве. История использования винтовых свай насчитывает более 5 тысяч лет, благодаря их малой материалоемкости и металлоемкости, высокой несущей способности по грунту основания. Представлена новая конструкция облегченной винтовой сваи, на которую НЦИС будет выдан патент РБ на полезную модель.

Ключевые слова: исторический опыт, винтовая свая, металлоемкость, материалоемкость, несущая способность, основание, грунт, патент.

Из всего многообразия технических решений свай в строительстве особую группу составляют различного рода анкерные устройства и приспособления, применяемые для закрепления конструкций, их частей и элементов зданий и сооружений к грунту основания и в других целях. В мировой практике насчитывается несколько тысяч разнообразных конструктивных решений анкерных устройств, включая винтовые сваи, анкеры и якоря, способных воспринимать различные по направлению и характеру действия нагрузки [1, 2].

Высокая несущая и анкерующая способность, небольшая стоимость и простота конструкций фундаментов из винтовых свай, анкеров и якорей позволяет считать данный вид фундаментов наиболее прогрессивным и достаточно эффективным техническим решением в фундаментостроении, история применения которых достаточно велика. Наиболее древним, по всей вероятности, является метод анкеровки, применяемый для шатров и палаток, хотя конструкции анкерных устройств и приспособлений в качестве морских и речных якорей насчитывает более пяти тысяч лет [3]. Впервые в качестве сложной технической задачи возникла проблема анкеровки при возведении больших висячих мостов в середине позапрошлого века [4]. Большие растягивающие усилия в несущих элементах этих мостов передавались на грунт анкерными массивами большой массы.

Первые сообщения об использовании винтовых свай, анкеров и якорей относятся к 30-40 г. того же столетия в Англии. Конструкция применяемого в Англии анкера представляла собой винтовую сваю с деревянным стволом и металлическим винтовым наконечником. Так как 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.

Один из самых первых изобретенных в мире якорей-винтов запатентован английским гидротехником Митчеллом в 1848 г. Незадолго перед этим, Митчелл доказал, что если его 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, которые нередко срывали штормы. 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 по достижении проектной глубины завинчивания. Диаметр стволов металлических винтовых свай 12,5 см в середине прошлого столетия считался обычным, хотя известны случаи применения винтовых свай со стволами 17,6 и 21,0 см. Дальнейшее развитие и совершенствование конструкций винтовых свай шло как по линии увеличения как диаметров стволов, так и диаметров лопастей винтового башмака.

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

В России винтовые сваи были применены впервые в 90-х годах 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.

Из известных примеров широкого применения винтовых свай за рубежом значительным в довоенное время является сооружение восьми мостов на одной из железнодорожных линий в Индии.

Известны случаи массового использования винтовых свай в качестве анкеров в послевоенное время в США при прокладке нефтепровода по дну Мексиканского залива, в СССР – при строительстве газопроводов в районах Крайнего Севера (например, Мессояха-Норильск в 70-х годах прошлого века, и др.). В 1950..1960 гг. проблема анкерки получила дальнейшее развитие в связи с необходимостью разработки анкерных устройств для подпорных стенок, набережных, пневматических сооружений и т.п., в этот период 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. Винтовые сваи применялись также в Канаде, странах Западной Европы при строительстве мостов на автомобильных дорогах, в гидротехническом строительстве.

Первым источником энергии для завинчивания винтовых свай являлась мускульная сила людей и животных, позже для этой цели использовались паровые машины (кабестаны).

В настоящее время для завинчивания свай применяются электрокабестаны, специальные завинчивающие установки, машины и механизмы, например, МЗС-13, МЗЯ и др. [4].

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.

Наиболее высокую эффективность винтовые сваи, устройства и приспособления обеспечивают в районах распространения вечной мерзлоты, слабых, болотистых, водонасыщенных, пластичных и пластично-мерзлых грунтов, характеризующихся незначительными прочностными, деформативными и механическими характеристиками. Одна такая 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.

Авторами разработано несколько десятков различных конструкций и технических решений винтовых свай – с подачей и без подачи воды к лопасти, с режущими зубьями в лопасти и отверстиями в стволе и без них, с утолщениями и накладками в лопасти, в виде штопора и др., отличающихся от других по конструкции, технологии и материалу, принципу работы, изготовлению, способу погружения, срокам эксплуатации и частоте использования, форме и виду винтовой лопасти, ствола и другим признакам. Все они защищены авторскими свидетельствами СССР и патентами РБ на изобретения и полезные модели. Лучшими из них по эффективности использования являются разработки по а.с. СССР №№ 1157164, 1201404, 1390302, 1472571, 1534140, и патентам на полезную модель РБ № 1895, 1897, 2022, 6652, 8168 и др.

В данной статье предлагается новая облегченная винтовая свая, на которую выдано положительное решение Национального Центра Интеллектуальной Собственности о выдаче патента РБ (заявка № 20200288 от 07.12.2020 г.), отличающаяся от всех традиционных и известных решений наличием сквозных поперечных отверстий (или прорезей) в лопасти винтовой сваи. Авторам подобные винтовые сваи с отверстиями в лопасти на данный момент не известны. А именно их наличие может существенно снизить материалоемкость металлических винтовых лопастей свай до 40-50%.

Конструкция такой винтовой сваи в плане и разрезе показана на рисунке 1. Винтовая свая содержит ствол 1 и прикрепленную к нему на нижнемконцевинтовую лопасть 2. В телевинтовой лопасти 2 в центральнойеечасти по окружностидиаметром $D = \frac{D_{л} + d_c}{2}$ (в срединной части) через 45-60° выполнены перпендикулярно плоскостивинтовой лопасти 2 сквозные поперечныеотверстия(или прорези) 3 в количестве 6-8 штук (при угле 60°-6_{шт} ($\frac{360}{60}=6$), при угле 45°-8_{шт} ($\frac{360}{45}=8$ шт)) диаметром $d_c = (0,6-0,9) \frac{D_{л} - d_c}{2}$ с фасками 4 по концам отверстий, где $D_{л}$ - диаметрвинтовой лопасти, а d_c – диаметр ствола (см. рисунок 1).

Погружаюттакую винтовую сваю в грунтпутемприложения к стволу 1 осевого усилия P и крутящегомомента $M_{кр}$. В грунтевинтовая сваяможетработать, как и все винтовые сваи, навдавливающие, выдергивающиеилигоризонтальныенагрузки. При этом, благодаря арочному эффекту в сквозныхпоперечныхотверстиях 3, последниепрактически никакого влияния на несущуюспособность сваи по грунтуоснования не оказывают, т. к. и фактически и в расчетахучитываетсятолькоплощадь поперечного сечения брутто торца ствола сваи 1 и винтовой лопасти 2 (также брутто без учета отверстий). Но зато наличиесквозныхпоперечныхотверстий 3 в винтовой лопасти 2 можетьснизитьееметаллоемкости материалоемкость, по нашим подсчетамминимум 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) всейвинтовой лопасти за вычетом ствола. Этоделать весьма просто и лучше в цифрах.

Таким образом, конструкцияоблегченной винтовойсваиивесьма проста, аметаллоемкость и материалоемкость ееминимальны.Сваябудетэффективнавприменении во многих отраслях народного хозяйства, в том числе в фундаментастроении, в промышленном, гражданском и сельскохозяйственномстроительстве.

Расчет несущей способности по грунту основания данной винтовой сваи, как и других известных, может быть выполнен в соответствии с действующим нормативным документом СНиП 2.02.03 – 85, а также [1, 2].

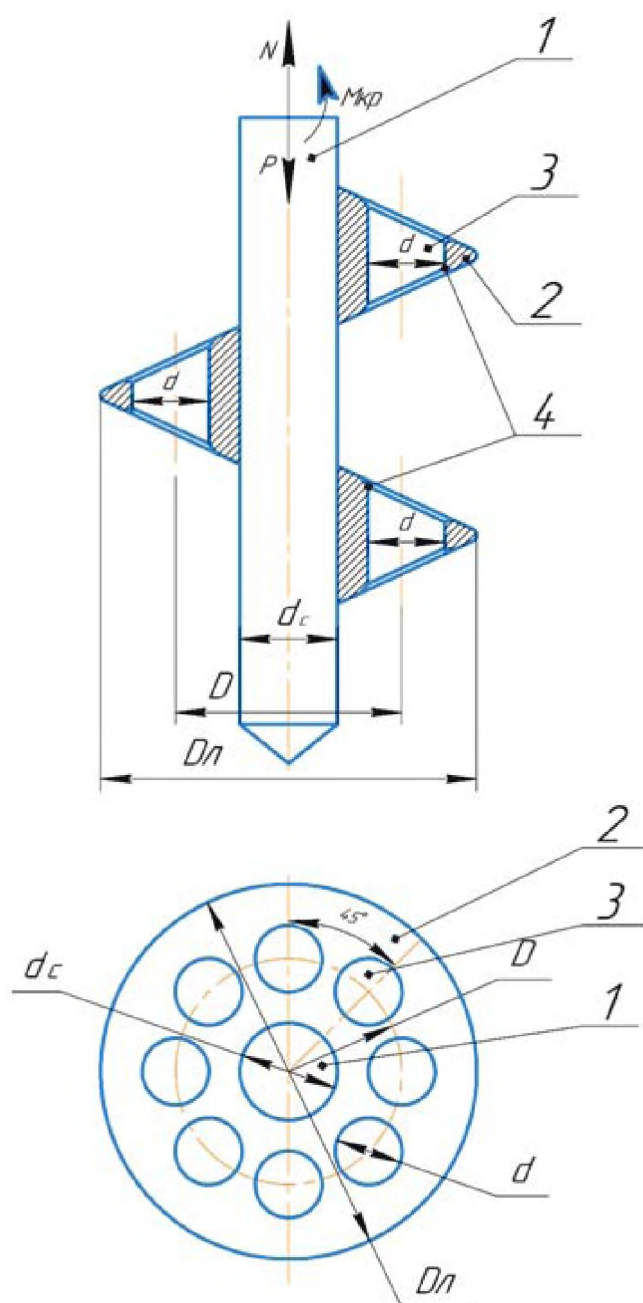


Рисунок 1. Разрез и план облегченной винтовой сваи:
1 – ствол; 2 – винтовая лопасть; 3 – сквозные поперечные отверстия; 4 – фаски

Литература:

1. Чернюк, Владимир Петрович. Инженерные расчеты винтовых свай и анкеров в строительстве: монография/В.П.Чернюк, Е.И.Шляхова. Москва: РУСАЙНС, 2019.-138 с.
2. Чернюк, Владимир Петрович. Технические, технологические и прочностные расчеты винтовых свай / В.Чернюк, А. Бондарь, Е.Шляхова. – Издатель;Германия, LAPLAMBERTAcademicPublishing, RU. 2017.-117 с.
- 3.Скрягин, Л. Якоря. М.: Транспорт. 1979. – 144 с.
4. Чернюк, Владимир Петрович. Винтовые сваи и анкеры в строительстве/В.П.Чернюк, В.Н.Пчелин, В.Н.Черноиван. – Минск, Ураджай, 1993.-176 с.

V.P. CHERNUK, E.I. SHLYANOVA

***EXPERIENCE AND PROSPECTS OF APPLICATION OF SCREW PILES IN
ESTABLISHMENT OF FOUNDATIONS OF BUILDINGS AND STRUCTURES***

The experience and prospects of using screw piles in construction are presented. The history of using screw piles counts more than 5 thousand years, due to their low material and metal consumption, high bearing capacity on the ground. A new design of a lightweight screw pile is presented, the Republic of Belarus will ground a patent for a utility model of the screw.

Keywords: *historical experience, screw pile, metal consumption, material capacity, bearing capacity, base, ground, patent.*