

УДК 624.154-428

**Маркова М. А., к.т.н., доц., ЗГИА,
г.Запорожье**
**Кравченко Д. В., инж., ООО «НАСТРОЙ»,
г.Запорожье**

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ВИНТОВЫХ СВАЙ ДЛЯ МАЛОЭТАЖНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

Рассмотрен опыт применения конструкций винтовых свай для малоэтажного строительства. Выполнен расчет несущей способности свай по двум различным методикам: действующим нормам Украины и методике используемой в компании Foundation Supportworks. Вычислены напряжения и деформации в свае и грунтовом основании при совместном моделировании при помощи программы метода конечных элементов PLAXIS. Использовалась упруго-пластическая модель грунта основания. Определена устойчивость грунтового основания с учетом сдвиговых деформаций примыкающего склона. Сделан вывод о допустимости применения винтовых свай для малоэтажного строительства в условиях Украины.

Ключевые слова: винтовые сваи, лопасти, несущая способность свай, метод конечных элементов, усилия в сваях.

Актуальность. В связи с большим количеством возводимых в последнее время малоэтажных зданий требуется оптимизация применяемых конструкций фундаментов. В сложных грунтовых условиях Запорожской области фундаментные конструкции выполняемые под малоэтажные частные жилые дома, как правило достаточно материалоемки и соответственно имеют высокую стоимость. Это связано с тем, что при проектировании фундаментов даже под небольшие нагрузки учитываются мероприятия для уменьшения неравномерности осадок. Такие конструктивные мероприятия

регламентированы действующими нормами по строительству в условиях просадочных грунтов [1, 2]. Конструктивные мероприятия, которые чаще всего применяются, представляют собой монолитные пояса в нескольких уровнях, соединенные между собой вертикальными элементами шпонками. Как альтернативный вариант применяются плитные фундаменты, которые имеют достаточную прочность и надежность в условиях неравномерного деформирования оснований, но этот тип фундаментов часто отклоняется заказчиком, как имеющий слишком высокую стоимость.

Цель — выяснить целесообразность применения винтовых свай в качестве фундаментов для зданий с небольшой нагрузкой в условиях неравномерных деформаций основания .

Анализ ранее выполненных публикаций. Винтовые сваи, как фундаментная конструкция применялись еще с середины XIX века и существует большое количество публикаций, посвященных исследованию свай такого типа [4]. Разработано большое количество модификаций конструкции свай и свайных ростверков. Винтовые сваи применяют в качестве конструкции усиления существующих фундаментов, в качестве фундаментов под малоэтажные здания, а также как элементы конструкции крепления откосов и склонов.

Технология выполнения винтовых свай имеет ряд преимуществ, среди которых считаем важным отметить сравнительно низкие трудозатраты на их установку, возможность завинчивания свай в грунт средствами малой механизации и даже вручную (Рис. 1), возможность производства работ в стесненных условиях с использованием наращиваемых секционных свай, низкая материалоемкость в сравнении с традиционными фундаментами мелкого заложения. Технология усиления пользуется большой популярностью в регионе ввиду минимальных трудозатрат на выполнение работ и эффективности данной конструкции.



Рис. 1. Завинчивание сваи средствами малой механизации

Известна технология выполнения винтовых свай, применяемая в США как для устройства фундаментных конструкций, так и для усиления существующих фундаментов под зданиями. Компания Foundation Supportworks [6] разработала и успешно применяет технологию выполнения винтовых свай составного сечения с несколькими рядами винтовых лопастей по высоте сваи (Рис.2).

По данной технологии сваи изготавливаются в заводских условиях из стальных труб, с приваренными к ним уширениями в

виде винтовых лопастей с размерами винтовой лопасти от 200 до 355мм с толщиной листа лопасти от 9,5мм до 12,5мм. Ствол сваи в зависимости от особенностей работы свай и воспринимаемых усилий сжатия либо растяжения, может быть либо круглого трубчатого сечения (Рис.3), либо квадратного сплошного сечения. Размеры поперечного сечения свай, длина и размеры лопастей принимаются на основании расчета в зависимости от усилий и грунтовых условий.

В зависимости от назначения, сваи могут иметь ствол с постоянным сечением по высоте или с уширенным оголовком в верхней части для лучшего восприятия изгибающих моментов и поперечных сил. Стыковка отдельных секций выполняется специальными муфтами с предварительно выполненными отверстиями, для установки болтов.

При выполнении свай в качестве фундаментов под новые конструкции, по ним выполняется железобетонный ростверк с армированием, подобранным в зависимости от проектируемой конструкции.

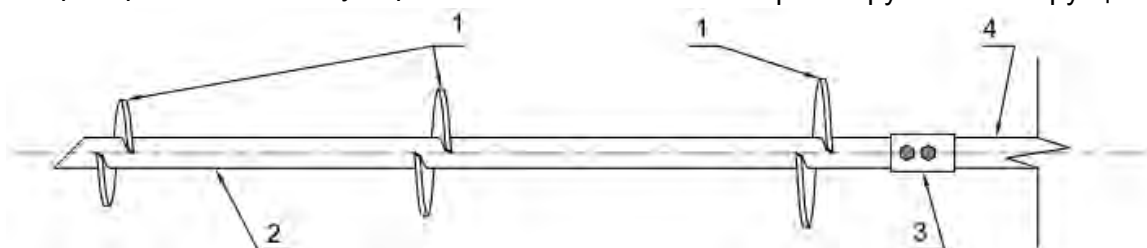


Рис. 2. Схема винтовой сваи: 1 — винтовые лопасти, с различным диаметром по высоте, 2 — ствол сваи, 3 — соединительная муфта, 4 — секция наращивания

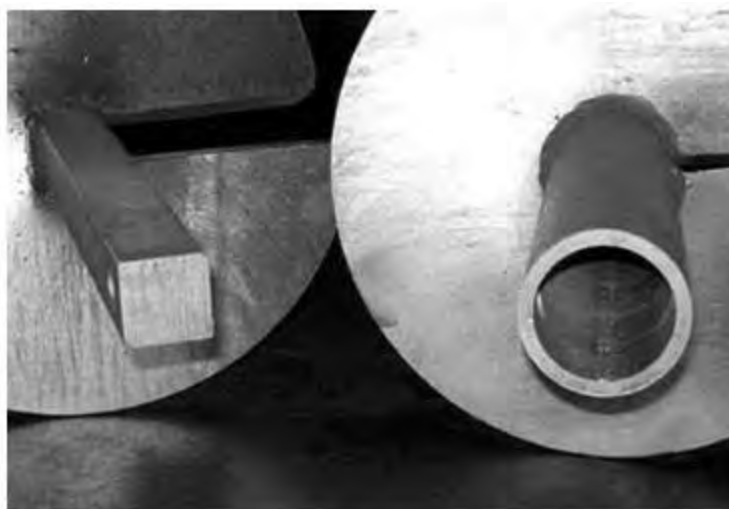


Рис. 3. Типы применяемых поперечных сечений винтовых свай

Основной материал исследования.

Рассматривалась методика расчета, предлагаемая для определения несущей способности свай, выполняемых по данной технологии. Результаты полученной несущей способности сопоставлены с результатами расчетов, выполненных по формулам рекомендованным в нормативных документах Украины. В действующем ДБН [3] приведена формула для расчета несущей способности одиночной винтовой сваи на сжатие и на растяжение, по этой формуле учитывается несущая способность лопасти в зависимости от угла внутреннего трения несущего слоя грунта в который погружена лопасть, также учитывается несущая способность по боковой поверхности ствола сваи выше лопасти. Величины несущей способности, полученные в результате расчетов по методике используемой в Foundation Supportworks и по методике ДБН достаточно близкие, поэтому считаем целесообразным применение подобных конструкций в/при строительстве в Украине.

Нами применены конструкции винтовых свай при проектировании жилого дома коттеджного типа. Грунтовые условия на застраиваемом участке представляют собой слои насыпных грунтов, супесей и песков. На площадке строительства ранее выполнялась вертикальная планировка с выполнением насыпи, о чем свидетельствует слой насыпных грунтов местами достигающий 2,2м, ниже залегает слой лессовых просадочных супесей толщиной 1,5-3,3м, которые не рекомендуется использовать в качестве основания для фундаментов, поскольку его деформационные характеристики очень низкие. Модуль деформации в состоянии естественной влажности составляет 6,2МПа, а в водонасыщенном состоянии 2,4МПа. Ниже суглинков залегает слой водонасыщенных песков с модулем деформации 25МПа. В качестве опорного слоя для свай принят слой песков. Инженерно-геологические условия осложнены наличием склона, в

непосредственной близости к которому располагается проектируемое здание. В связи с тем, что проектируемое здание находится в непосредственной близости к склону, применение фундаментов мелкого заложения нерационально по причине возможных сдвиговых процессов и горизонтальных смещений по склону. Таким образом свайный фундамент представляется наиболее оптимальной фундаментной конструкцией. Выбор в пользу винтовых свай был сделан в связи с удобством их выполнения без применения тяжелой техники, поскольку стесненность участка не позволяет организовать заезд механизмов для выполнения свай других конструкций.

Здание, опирающееся на сваи проектируется по каркасной схеме с железобетонными колоннами-шпонками, под которые выполняются железобетонные ростверки. Стеновое ограждение проектируется из газобетонных блоков, с опиранием на монолитные железобетонные пояса.

Выполнен расчет винтовых свай совместно с массивом грунта основания и вышележащим каркасом с применением метода конечных элементов по программе PLAXIS [5].

При конечно-элементном моделировании в расчетной модели учтены элементы грунта с нелинейными свойствами, элементы свай, а также линейно-деформируемые элементы вышележащей конструкции. Для грунта принята упруго-пластическая расчетная модель деформирования грунта Друкера-Прагера. Расчет выполнялся с учетом стадийности приложения нагрузок.

В результате расчета вычислены вертикальные и горизонтальные смещения от воздействия нагрузок, а также усилия в элементах свай. Полученные усилия в сваях вблизи склона составляют 113кН. Максимальные горизонтальные перемещения верха свай составили 3,2мм. На Рис.4 приведена деформированная расчетная схема, которая показывает характер смещений при приложении полных величин нагрузок.

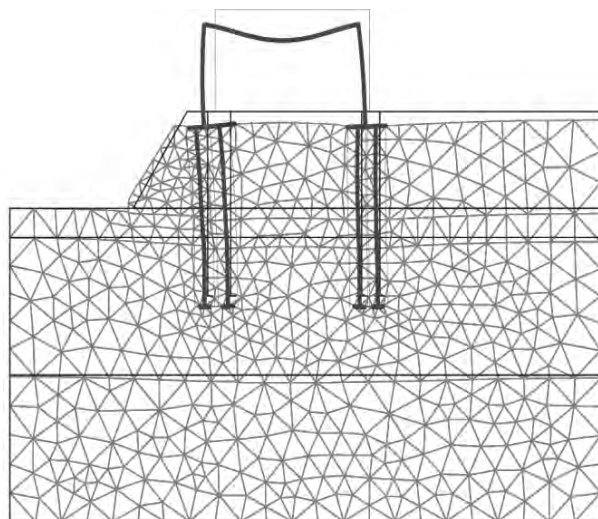


Рис. 4. Деформированная расчетная схема с коэффициентом искажения 57

Выполнен расчет устойчивости откоса вблизи здания и определен коэффициент устойчивости грунта, который составляет 1,2, что является достаточно малой величиной, но следует заметить, что поверхность скольжения проходит рядом со зданием и сваями (Рис.5), и зона максимального сдвига грунта не затрагивает конструкции свай. Таким образом, поскольку деформации свай от действующих нагрузок незначительные, считаем, что возможно применение конструкции винтовых свай в сложных грунтовых условиях и предварительным расчетным обоснованием проектного решения.

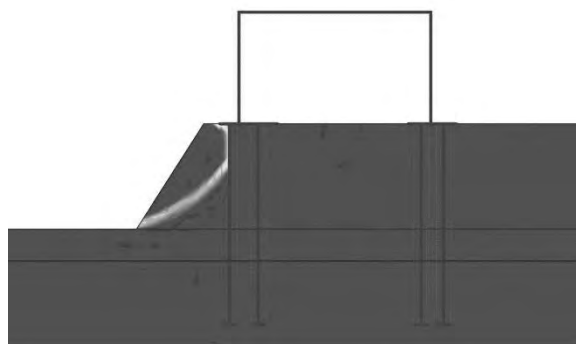


Рис. 5. Поверхность скольжения, построенная по максимальным относительным деформациям грунта

Выводы:

1. Опыт применения винтовых свай в Соединенных Штатах показывает эффективность их применения при небольших действующих нагрузках.

2. Выполненный расчет несущей способности свай по методике ДБН и по методике Foundation Supportworks показывает достаточно близкие результаты, что подтверждает допустимость применения данной методики в Украине.

3. Выполненное конечно-элементное моделирование здания совместно с грунтом и свайным фундаментом, которое показывает допустимые результаты по усилиям и перемещениям в сваях, что доказывает возможность применения винтовых свай в заданных грунтовых условиях.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ:

1. ДБН А.2.1-1-2014 Інженерні вишукування для будівництва, Київ: Мінрегіонбуд України, 2014.-126с.
2. ДБН В.1.1.-5-2000 Здания и сооружения на подрабатываемых территориях и просадочных грунтах. Часть II. Киев: Держбуд України, 2000.-87с.
3. ДБН В.2.1-10-2009 Зміна 1 Основи та фундаменти споруд. Основні положення проектування. Київ: Мінрегіонбуд України, 2011.-55 с.
4. Пенчук В. А. Винтовые сваи и анкеры для опор. Киев: "Будівельник", 1985.-96с.
5. Waterman D. PLAXIS 2D - Professional Version 8 / D. Waterman. – Delft, Netherlands: Plaxis bv, 2006. – 450 с.
6. Technical Manual. Helical Piles and Ancors [Електронний ресурс] // Foundation Supportworks. – 2014. – Режим доступу до ресурсу: <http://commercial.foundationsupportworks.com/technical-information/technical-manual.html>.

АНОТАЦІЯ

Розглянутий досвід застосування конструкцій гвинтових паль для малоповерхового будівництва. Виконаний розрахунок тримкості паль за двома різними методиками: чинними нормами України та методиці компанії Foundation Supportworks. Розраховані напруження та деформації в палях та ґрунтовій основі при спільному моделюванні за допомогою програми метода кінцевих-елементів PLAXIS. Використана пружно-пластична модель ґрунту основи. Обчислена стійкість ґрунтової основи з урахуванням зсувних деформацій схилу. Зроблений висновок про можливість застосування гвинтових паль для малоповерхового будівництва.

Ключові слова: гвинтові палі, лопаті, тримкість паль, метод кінцевих-елементів, зусилля в палях.

ANNOTATION

Practical experience of using helical piles for low-rise buildings is considered. Calculation of bearing capacity with two different methods is made: according to building code of Ukraine and with Foundation Supportworks company method. Stresses and deformations of pile and soil base with co-modeling by means of PLAXIS software using finite element method are defined. Stability of soil base with considering of shear deformation of slope is calculated. For soil base the linear-elastic-perfectly-plastic Mohr-Coulomb model is used. Conclusion about possibility of using helical piles for low-rise buildings is made.

Keywords: helical piles; helix blades; pile bearing capacity; finite element method; piles stress.

УДК 69:624.05

Іванейко І.Д., к.т.н., доц., НУ «Львівська політехніка», м. Львів

Олексів Ю.М., асп., НУ «Львівська політехніка», м. Львів

Кушнір Я.П., магістр, НУ «Львівська політехніка», м. Львів

**ТЕХНОЛОГІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ
ЗАСТОСУВАННЯ ДОДАТКОВИХ
ТИПОРОЗМІРІВ МОНТАЖНИХ
КОНСТРУКТИВНИХ ЕЛЕМЕНТІВ НА
ПРИКЛАДІ СТІЛОВИХ КРАНІВ**

Визначено ефективність монтажу типового та технологічних конструктивних збірних фундаментів під будівлю 141 серії з використанням стрічкових подушок завдовжки більше 3 м. Фундаменти зводять стріловими кранами за схемою монтажу з поза меж котловану. Розроблені методи визначення в стрічці фундаментів середньої ваги елементів для монтажу одним краном. Наведено приклад розрахунку довжин елементів контуру для крана КС-45719-8А. За результатами дослідження наведено монтажні технологічні показники.

Ключові слова: технологічне конструктивне рішення, монтажний момент елемента, вантажний момент крана, стрілові крани, збірні стрічкові фундаменти.

Постановка проблеми. Одним зі способів виконання монтажу підземної частини будівлі є зведення її з поза меж котловану. Для виконання цих процесів застосовуються спеціальні, універсальні та технологічно транспортні машини (бортові кран-маніпулятори). Застосування цих машин можливе у комплектах за різною схемою виконання робіт. У той самий час для запроектованої будівлі не є обґрунтованими доцільні розміри збірних та монтажних елементів під час виконання робіт стріловими кранами.

Аналіз останніх досліджень. Залежно від умов будівництва, зведення підземної частини будівлі рекомендується виконувати стріловими та баштовими кранами [1, 2]. Для ефективного використання кранів під час проектування потрібно приймати вагу конструктивних елементів залежно від