

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Романов Д.А. Методы статических испытаний и оценки несущей способности свай.-Киев "Будівельник", 1967. – 29 с.
2. 10. Konferencija s mezinarodni ucasti. Zakladani Staveb. Brno. – 1989.
3. 17. Konferencija s mezinarodni ucasti. Zakladani Staveb. Brno. – 1989.
4. 25. Konferencija s mezinarodni ucasti. Zakladani Staveb. Brno. – 1989.
5. Березанцев В.Г. Механика грунтов, основания и фундаменты: Трансжелдориздат.-М., 1961 – 340 с.
6. СНБ 5.01.01-99. Основания и фундаменты зданий и сооружений/ Минстройархитектуры РБ.- Минск.: ГП "Минсктиппроект", 1999. –36 с.
7. Несущая способность буронабивных свай с уширениями / М.И. Никитенко, В.В. Роговенко, В.А. Сернов // Вестник БНТУ. Серия "Архитектура и строительство". – 2000. - №6. – С. 23-27.
8. Расчет оснований анкеров, свайных фундаментов и глубоких опор по предельным состояниям с применением приближенного моделирования / Ю.А.Соболевский, В.Н.Суходоев, М.И.Никитенко // Проблемы применения рациональных конструкций фундаментов в условиях белорусской ССР: Тез. докл. научно-техн. конф. – Витебск, 1976. – С. 170-184.

УДК 624.154

Чернюк В.П., Самкевич В.А., Пчелин В.Н.

ВИНТОВЫЕ СВАИ И РАСЧЕТ ИХ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ

Высокая несущая и анкерующая способность, небольшая стоимость и простота конструкций фундаментов из винтовых свай, анкеров и якорей позволяют считать данный тип фундаментов прогрессивным и эффективным техническим решением. В частности, винтовые анкерные сваи, устройства и приспособления хорошо работают на вдавливающие, выдергивающие и знакопеременные нагрузки, возникающие от влияния температурных воздействий, массы конструкций и вышележащих элементов, ветровых и снеговых нагрузок, сил морозного пучения грунта, динамических усилий, гидростатического напора и др.

Возможность снижения материалоемкости (до 50%), трудоемкости (на 30...60%), стоимости возведения фундаментов (на 25...40%), сроков выполнения работ, надежности защемления конструкций обуславливают широкое применение анкерных винтовых свай и устройств при строительстве трубопроводов, линий электропередач, мостов, причалов, башен радиорелейной связи, пневматических сооружений, заглубленных сооружений, транспортных тоннелей, подпорных стен, опускных колодцев и т.п.

Винтовые сваи известны давно и применялись уже несколько десятков тысяч лет назад в Индии, Мексике, России и других районах. Высокую эффективность винтовые сваи, устройства и приспособления обеспечивают в неблагоприятных природно-климатических и мерзлотно-грунтовых условиях, преимущественно в районах распространения слабых, болотистых, водонасыщенных, пластичных и пластично-мерзлых грунтов, характеризующихся незначительными прочностными, деформативными и механическими характеристиками.

Винтовых свай в практике строительства насчитывается значительное количество, разнообразных по конструктивному решению и техническому исполнению [1, 2]. Одна из таких винтовых свай, разработанная в БГТУ и защищенная патентом РБ №5245, представлена на рис. 1.

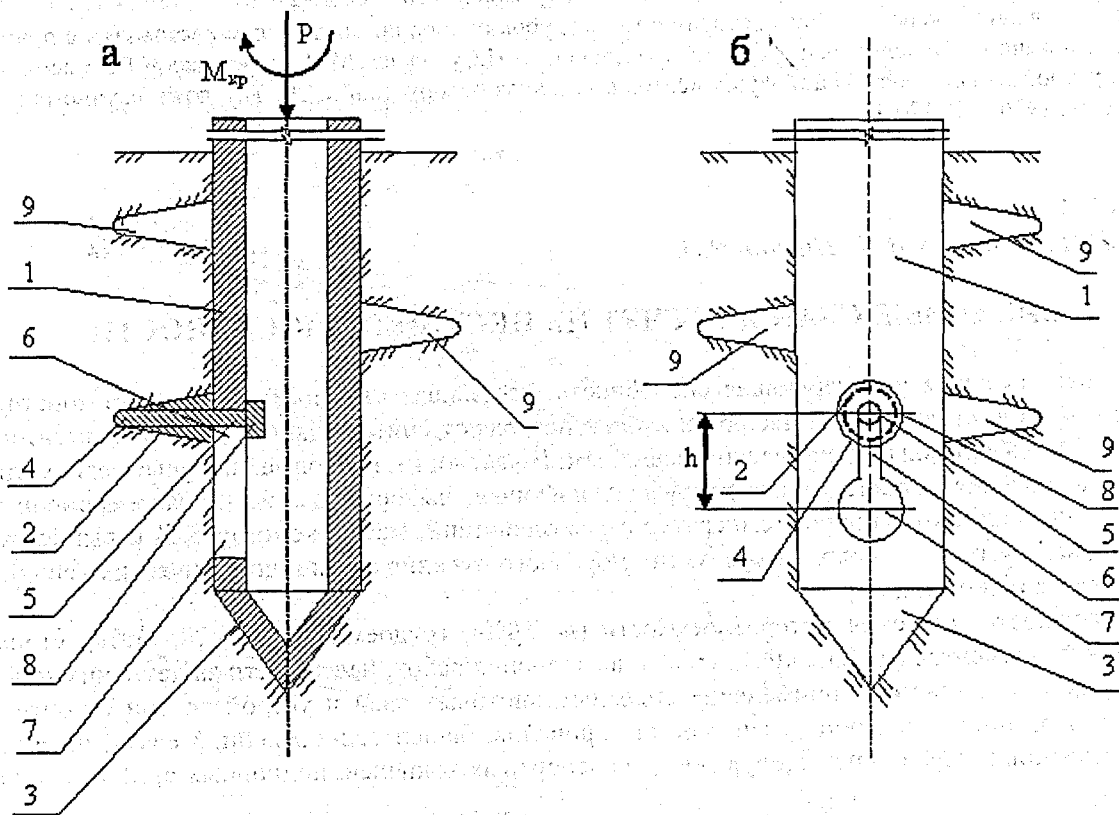
Конструкция состоит из ствола 1, теряемого реза 2 и наконечника 3. Резец 2 содержит режущую часть 4 переменного сечения и хвостовую часть 5, заведенную в продольную прорезь 6 с уширением 7 внизу в стволе 1 трубы и снабженную упором 8, с возможностью продольного перемещения в прорези 6 и освобождения от нее в уширении 7.

Для образования винтонабивной сваи в грунте необходимо сначала погружение устройства в грунт, выемку его из грунта с последующим бетонированием образовавшейся полости.

Для погружения устройства в грунт к оголовку ствола 1 прикладывают осевое усилие подачи P и крутящий момент $M_{кр}$, посредством которых труба с резцом 2 завинчивается в грунт, образуя в нем винтообразную канавку 9 (рис. 1а). При этом резец хвостовой частью 5 ориентируется в продольной прорези 6 благодаря наличию упора 8 в хвостовой части 5 и режущей части 4 переменного сечения. После погружения устройства до проектной отметки осевое усилие подачи P убирают, а завинчивание

посредством крутящего момента $M_{кр}$ или прекращают для образования винтонабивной сваи, или продолжают для образования уширения в донной части ствола.

Далее производят выдергивание ствола 1 вверх на величину не менее h (рис. 1б). При этом резец 2 перемещается в прорези 6 вниз, выходит из нее в уширении 7 и освобождается от ствола 1. После этого производят поэтапное разновременное или одновременное выдергивание ствола 1 и бетонирование полости трубы (с армированием или без армирования ствола) и винтообразной канавки (лопасти) 9 в грунте. Бетонирование осуществляется аналогично подводному бетонированию методом вертикально перемещающейся вверх трубы (ВПТ), восходящего раствора (ВР) или другими общеизвестными способами под защитой (или без нее) обсадной трубы. При этом бетон (или раствор) будет вытекать из трубы в лопасть через прорезь 6 и уширение 7.



а – в процессе погружения в грунт; б – в процессе образования винтовой сваи
 1 – свая; 2 – теряемый резец; 3 – наконечник; 4 – режущая часть; 5 – хвостовая часть; 6 – продольная прорезь; 7 – уширение; 8 – упор; 9 – винтообразная канавка

Рисунок 1 – Конструкция устройства для изготовления винтонабивных свай

После затвердевания бетонной смеси в грунте образуется винтонабивная или набивная свая с уширением в донной части.

По сравнению с известными техническими решениями аналогичного назначения, в том числе и с прототипом, описываемое устройство проще других в изготовлении за счет исключения необходимости изготовления сложной пространственной винтовой лопасти и теряемого каждый раз башмака. Кроме того, энергоемкость погружения устройства в грунт значительно меньше других за счет уменьшения сил резания грунта резцом (а не винтовой лопастью) и исключением сил трения грунта по поверхности лопасти.

Одним из факторов, влияющих на несущую способность винтовых свай по грунту основания как при вдавливающих нагрузках, так и при выдергивании, является глубина погружения их лопастей H и их размеры D_l (рис. 2). В однородных грунтах с увеличением глубины завинчивания до критической $H_{кр}$ несущая способность винтового анкера растет непрерывно и интенсивно. Критическая глубина завинчивания находится на границе изменения схемы работы анкера от мелкозаглубленной до глубокозаглубленной.

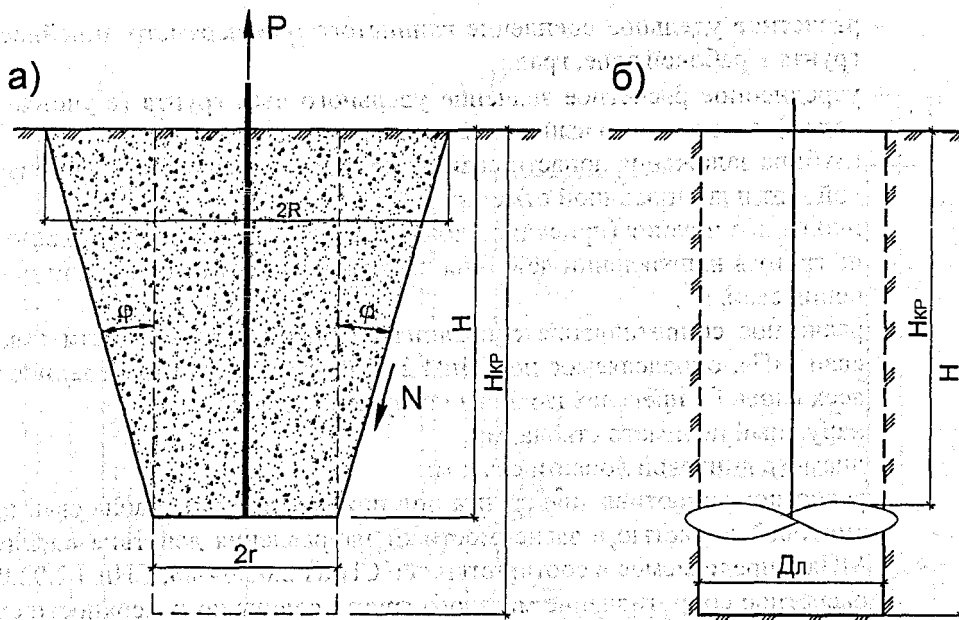


Рисунок 2 – Схема к расчету несущей способности винтовых свай по грунту основания мелкого (а) и глубокого (б) заложения

Анализ результатов испытаний винтовых свай, анкеров и якорей, которые проводились в различных грунтовых условиях, позволяет рекомендовать оптимальную глубину погружения в однородных грунтах H , равной:

- в глинистых грунтах – $(5...6) \cdot D_{л}$;
- в песчаных грунтах – $(6...8) \cdot D_{л}$;

Несущая способность винтовой сваи при глубине завинчивания винтовой лопасти больше критической определяется сопротивлением грунта, перемещенного уплотнением ядра. Для практических расчетов при действии на винтовую сваю или анкер вертикальных вдавливающих или выдергивающих нагрузок P это сопротивление Φ определяется по одной из формул, мН (рис. 3):

- при работе свай и анкеров с диаметрами лопастей $D_{л} \leq 2$ м и глубине погружения $H \leq 0$ м на выдергивающие нагрузки в немерзлых грунтах:

$$\Phi = m \cdot [(A \cdot C_1 + B \cdot \gamma_1 \cdot h) \cdot F + f \cdot U \cdot (H - D_{л})]; \quad (1)$$

- при работе свай и анкеров с $D_{л} \leq 2$ м и $H \leq 0$ м на вдавливающие нагрузки в немерзлых грунтах:

$$\Phi = m \cdot [(A \cdot C_1 + B \cdot \gamma_1 \cdot h) \cdot (F + F_0) + f \cdot U \cdot (H - D_{л})]; \quad (2)$$

- при работе свай и анкеров на выдергивающие нагрузки в мерзлых грунтах:

$$\Phi = \min \left\{ \begin{array}{l} m \cdot (R \cdot F + \sum_{i=1}^n R_{CMi} \cdot F_{CMi}) \\ m \cdot \sum_{i=1}^n R_{cgi} \cdot F_{cgi} \end{array} \right\}; \quad (3)$$

- при работе свай и анкеров на вдавливающие нагрузки в мерзлых грунтах:

$$\Phi = m \cdot \left[R \cdot (F + F_0) + \sum_{i=1}^n R_{CMi} \cdot F_{CMi} \right]; \quad (4)$$

- где m – коэффициент условий работы, дол.ед., принимаемый согласно СНиП 2.02.04-88, СНиП 2.02.03-85 или [1];
- A и B – безразмерные коэффициенты, принимаемые в соответствии со СНиП 2.02.03-85 или [1] в зависимости от угла внутреннего трения грунта в рабочей зоне φ (под рабочей зоной принимается прилегающий к лопасти слой грунта толщиной, равной $D_{л}$), ед;
- C_1 – расчетное удельное сцепление глинистого или параметр линейности песчаного грунта в рабочей зоне, МПа;

- Φ_1 — расчетное удельное сцепление глинистого или параметр линейности песчаного грунта в рабочей зоне, град.;
- γ_1 — усредненное расчетное значение удельного веса грунта (с учетом взвешивания водой), залегающего выше отметки лопасти сваи, кН/м^3 ;
- h — глубина заложения лопасти сваи от природного рельефа, а при планировке срезкой — от планировочной отметки, м;
- F — площадь опирания (проекция площади по наружному контуру) винтовой лопасти на грунт в направлении действия нагрузки, за вычетом площади поперечного сечения сваи, м^2 ;
- f — расчетное сопротивление основания на боковой поверхности ствола винтовой сваи, МПа, определяемое по СНиП 2.02.03-85 или [1] (приведенное значение для всех слоев f в пределах глубины погружения сваи);
- U — наружный периметр ствола, м;
- $D_{\text{л}}$ — диаметр винтовой лопасти сваи, м;
- R — расчетное сопротивление грунта под нижним концом ствола сваи и под или над винтовой лопастью, в зависимости от направления действия внешней нагрузки, МПа, определяемое в соответствии со СНиП 2.02.04-88, СНиП 2.02.03-85 и [1];
- $R_{\text{СМ}i}$ — расчетное сопротивление мерзлого грунта сдвигу по поверхности смерзания для i -го слоя основания, МПа, определяемое по СНиП 2.02.04-88 и [1];
- $F_{\text{СМ}i} = U \cdot h_i$ — площадь поверхности смерзания i -го слоя мерзлого грунта с боковой поверхностью ствола сваи, м^2 ;
- h_i — толщина i -го слоя грунта в пределах боковой поверхности сваи, м;
- $F_{\text{СМ}i} = p \cdot D_{\text{л}} \cdot h_i$ — площадь поверхности сдвига i -го слоя мерзлого грунта по грунту или грунтовому раствору, м^2 ;
- $R_{\text{сги}}$ — расчетное сопротивление мерзлого грунта сдвигу по грунту или грунтовому раствору для середины i -го слоя грунта, МПа, определяемое по СНиП 2.02.04-88 и [1].

При размерах лопастей винтовых свай, работающих на вдавливающие нагрузки в немерзлых грунтах, $D_{\text{л}} > 1,2$ м и $H > 10$ м несущую способность Φ следует определять по данным испытания свай статическими нагрузками.

При определении Φ на вдавливающие нагрузки характеристики и расчетные сопротивления грунтов относятся к грунтам, залегающим под лопастями, а при работе на выдергивающие нагрузки — над лопастями свай. Глубина заложения лопастей свай от планировочной отметки должна быть не менее:

- в глинистых грунтах — $5D_{\text{л}}$;
- в песчаных грунтах — $6D_{\text{л}}$;

Описываемую винтовую сваю можно рассматривать как многолопастную винтовую сваю, работающую в многослойных основаниях, и ее несущую способность Φ можно определять по одной из формул, мН (расчетные схемы представлены на рис. 4):

- при работе свай и анкеров с диаметрами лопастей $D_{\text{л}} \leq 2$ м и глубине погружения $H \leq 0$ м на выдергивающие нагрузки в немерзлых грунтах:

$$\Phi = m \cdot \left[\sum_{z=1}^p (A_z \cdot C_{1z} + B_z \cdot \gamma_{1z} \cdot h_z) \cdot F_z + f \cdot U \cdot (U - D_{\text{л}}) \right]; \quad (5)$$

- при работе свай и анкеров с $D_{\text{л}} \leq 2$ м и $H \leq 0$ м на вдавливающие нагрузки в немерзлых грунтах:

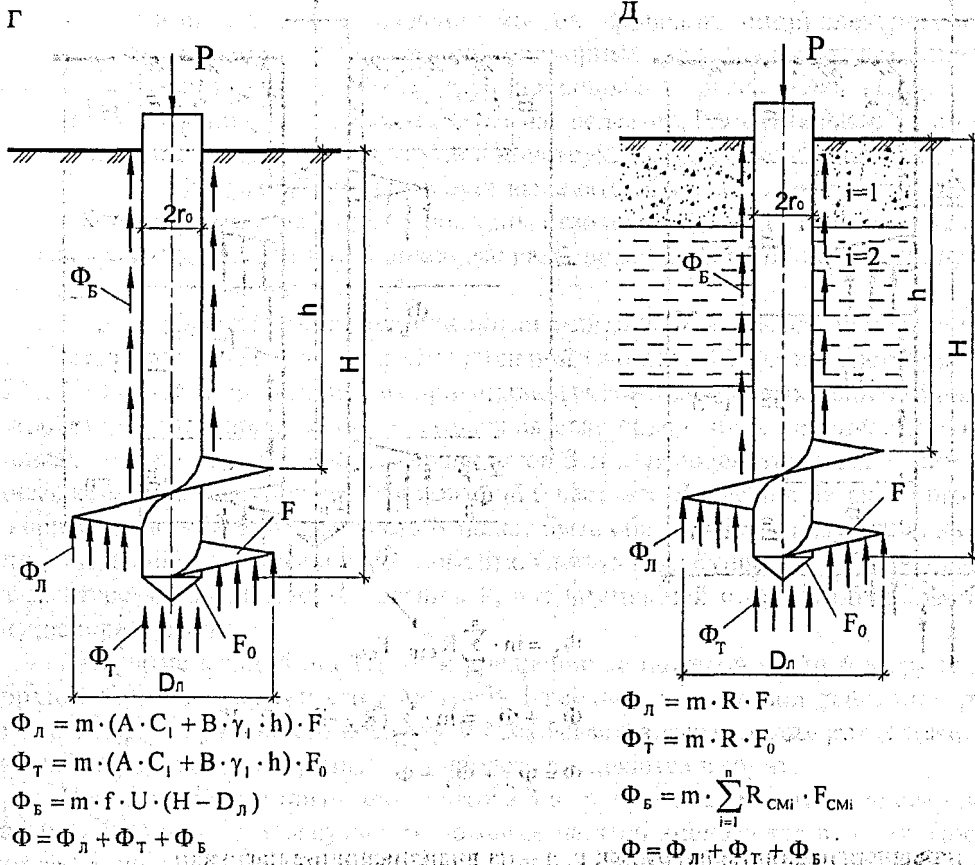
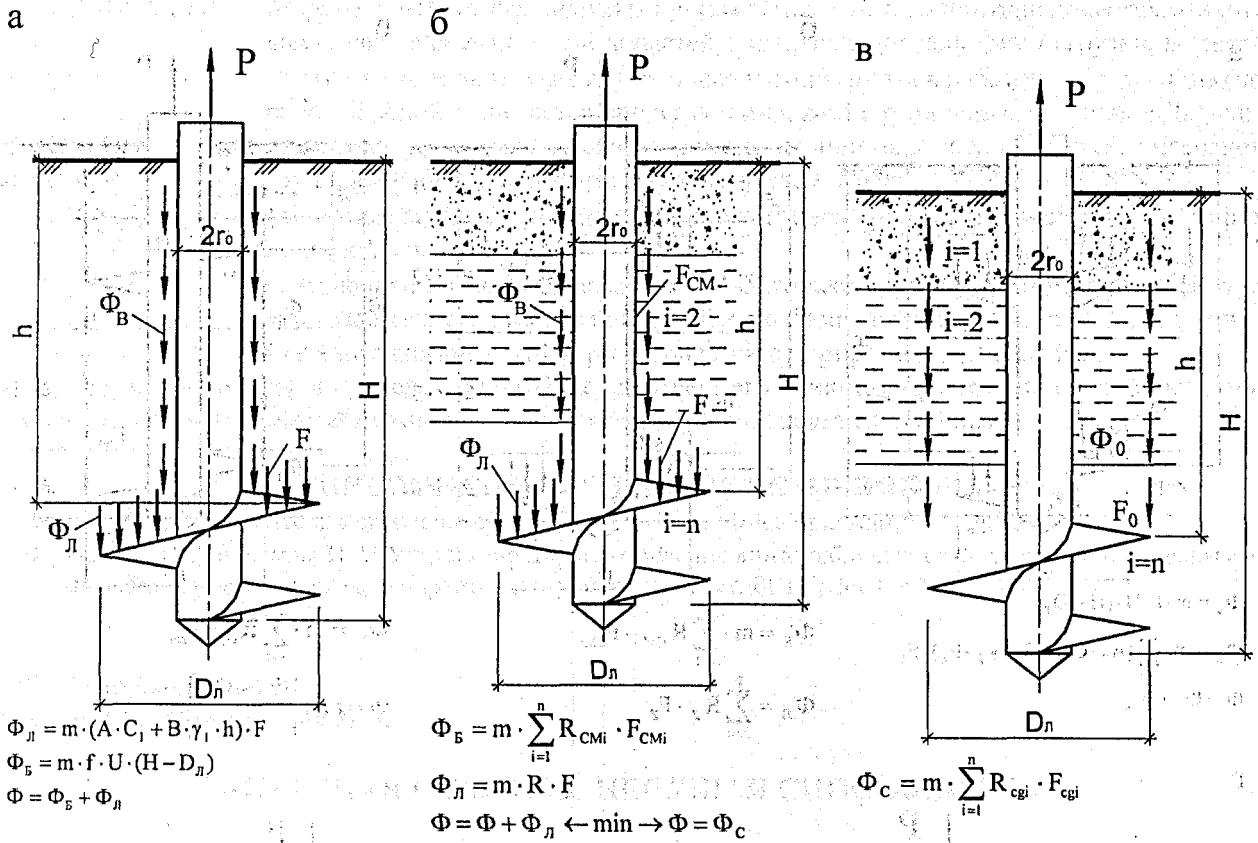
$$\Phi = m \cdot \left[\sum_{z=1}^p (A_z \cdot C_{1z} + B_z \cdot \gamma_{1z} \cdot h_z) \cdot F_z + (A_p \cdot C_{1p} + B_p \cdot \gamma_{1p} \cdot h_p) \cdot F_0 + f \cdot U \cdot (H - D_{\text{л}}) \right]; \quad (6)$$

- при работе свай и анкеров на выдергивающие нагрузки в мерзлых грунтах:

$$\Phi = \min \left\{ \begin{array}{l} m \cdot \left[\sum_{z=1}^p R_z \cdot F_z + \sum_{i=1}^n R_{\text{СМ}i} \cdot F_{\text{СМ}i} \right] \\ m \cdot \sum_{i=1}^n R_{\text{сги}} \cdot F_{\text{сги}} \end{array} \right\}; \quad (7)$$

- при работе свай и анкеров на вдавливающие нагрузки в мерзлых грунтах:

$$\Phi = m \cdot \left[\sum_{z=1}^p (R_z \cdot F_z + R \cdot F_0) + \sum_{i=1}^n R_{\text{СМ}i} \cdot F_{\text{СМ}i} \right]; \quad (8)$$



а, б, в – на выдергивающие нагрузки; г, д – на вдавливающие нагрузки

Рисунок 3 – Расчетные схемы для определения несущей способности одноластных винтовых свай

- где A_z, B_z, A_p, B_p — безразмерные коэффициенты, принимаемые аналогично однолопастным винтовым сваям для z -ой и i -ой лопастей в направлении действия нагрузки, в зависимости от расчетного угла внутреннего трения грунта в рабочей зоне φ_{1z} и φ_{1p} (под рабочей зоной понимается прилегающий к z -ой и p -ой лопастей, равной D_L), ед;
- C_{1z}, C_{1p} — расчетные удельные сцепления глинистого или параметр линейности песчаного грунтов в рабочей зоне z -ой и p -ой лопастей, МПа;
- φ_{1z} и φ_{1p} — расчетные значения углов внутреннего трения грунта в рабочей зоне z -ой и p -ой лопастей, град.;
- γ_{1z}, γ_{1p} — усредненные расчетные значения удельного веса грунта (с учетом взвешивания водой), залегающего выше отметок z -ой и p -ой лопастей и торца винтовой сваи, кН/м³;
- h_z и h_p — глубина залегания z -ой и p -ой лопастей от природного рельефа, м.

Шаг винта лопасти в пределах до $0,6 \cdot D_L$ существенного влияния на несущую способность Φ не оказывает, поэтому расчет Φ можно выполнять как для обычных анкерных плит.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Чернюк В.П. и др. Винтовые сваи и анкеры в строительстве. — Мн.: Ураджай, 1993, -178 с.
2. Чернюк В.П., Сташевская Н.А. Устройство для изготовления винтонабивных свай. Сборник конкурсных научных работ молодых ученых, аспирантов и студентов. — Брест, БГТУ, 2004, с.106...108.

УДК 624.15;624.139.34

Чернюк В.П., Сташевская Н.А.

АНКЕРНАЯ СВАЯ И ЕЁ НЕСУЩАЯ СПОСОБНОСТЬ

Анкерные сваи, устройства и приспособления широко применяются в промышленном и гражданском строительстве при возведении мостов, причалов, линий электропередач, башен радиорелейной связи, пневматических сооружений, подпорных стен, транспортных тоннелей, заглубленных подземных сооружений, при прокладке трубопроводов и в других целях [1, 2].

В мировой практике строительства насчитывается значительное количество (несколько тысяч) весьма различных видов, типов, групп и конструктивных решений свай и свайных фундаментов [3, 4].

Среди этого разнообразия следует выделять обычные сваи, работающие на вдавливающие и горизонтальные нагрузки, анкеры (с жестким стволом) и якоря (с гибким стволом), работающие только на выдёргивающие нагрузки, и анкерные сваи, воспринимающие как знакопеременные вертикальные, так и горизонтальные нагрузки [5].

Весьма эффективными техническими решениями в данном направлении являются разработки БГТУ свай, анкерных свай и приспособлений (патенты РБ на изобретения и полезные модели №№ 5272, 5298, 5456 и др.). Одним из оригинальных конструктивных решений анкерных свай может быть устройство, показанное на рис.1. Анкерная свая содержит металлическую трубу 1 с прорезями 2 в стенках, внутри которой расположены шток 3 и взаимодействующие с ним L-образные раскрывающиеся лопасти 4 с обушковой 5 и ножевой 6 частями. Лопасти 4 до ввода штока 3 в трубу 1 отогнуты в корневой части 7. Ножевая часть 6 может быть образована путём отгиба наружу обушковой части 5 или приваркой дополнительного элемента. Снаружи к обушковой 5 и ножевой 6 частям приваривается электросваркой наружная косынка 8, а к внутренней стороне обушковой части 5 приваривается внутренняя косынка 9.

Раскрытие каждой лопасти 4 и внедрение её ножевой части 6 в грунт происходит следующим образом. При погружении штока в трубу 1 верхняя лопасть под действием расклинивающих усилий штока 3 через внутреннюю косынку 9 раскрывается, а изогнутая её ножевая часть 6 и наружная косынка 8 через соответствующую им прорезь внедряются в грунт.

При дальнейшем погружении штока 3 в трубу 1 последовательно сверху вниз раскрываются остальные лопасти 4, а изогнутые их ножевые части 6 внедряются в грунт. После полного погружения штока 3 и последовательного раскрытия всех лопастей 4 производится загрузка сваи полезной вертикальной или горизонтальной нагрузками. При раскрытии лопастей 4 усилие от штока 3 на лопасти 4 передаётся через внутреннюю косынку 9. При этом лопасть 4, её уширенная ножевая 6 и обушковая 5 части внедряются в грунт больше обычного.