

В.З. Галаветдинов, Б.Ю. Давиденко, В.Я. Еремин

ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ РАЗРЯДНО-ИМПУЛЬСНОЙ ТЕХНОЛОГИИ ПРИ ОБУСТРОЙСТВЕ ШПУНТОВОГО ОГРАЖДЕНИЯ БОРТОВ КОТЛОВАНОВ

В наши дни освоение подземного пространства может считаться в мировом масштабе одним из важнейших и динамично развиваемых направлений в гражданском и промышленном строительстве. Значительную роль подземное строительство играет и в России. Наиболее широко строительство подземных и заглубленных сооружений ведется на территориях крупных городов и мегаполисов. Основными факторами, способствующими необходимости использования подземного пространства городов являются как нехватка свободных территорий в условиях исторически сформировавшейся застройки, так и требования развития городской инфраструктуры. Первоочередным этапом формирования подземного сооружения в городских условиях является сооружение котлованов. Существует много способов крепления бортов котлованов. К одному из инновационных технологий относятся анкерные системы, выполненные по разрядно-импульсной технологии. В данной работе рассмотрено воздействие анкера при натяжении шпунтового ограждения. Из опыта установлено, что в результате натяжения анкерного крепления шпунты погружаются на различную величину. Это приводит к ослаблению анкерной тяги. В работе рассмотрены три случая и произведены по ним расчеты на несущую способность шпунта по грунту. В первом примере рассматривается полый шпунт, во втором шпунт заполненный цементным раствором и в третьем примере – шпунт, обустроенный по разрядно-импульсной технологии.

Ключевые слова: анкер, распорная конструкция, шпунт, разрядно-импульсная технология (рит), свая, суглинок, бетон, несущая способность.

Шпунтовые оградительные конструкции широко используются в геотехническом строительстве. Как правило, для закрепления шпунтовых ограждений используют анкерные системы или распорные конструкции [1]. Технология крепления распорными элементами имеет ряд недостатков: распорки используются для закрепления котлованов с геометрическими параметрами (длина, ширина) до 25 м; использование двух, трех и более ярусов распорок ведет к ограничению пространства на строительной площадке; использование дополнительной техники – мини экскаваторов, что приводит к увеличению сроков строительства; материалоемкость; трудоемкость

(рис. 1). Поэтому целесообразней использовать анкерные системы при креплении стенок котлованов. Например, анкера, выполненные по разрядно-импульсной технологии (рит-анкера) обладают высокой несущей способностью (рис. 2) [2].

При креплении грунтовыми анкерами десятков котлованов обнаружена закономерность, наиболее ярко проявившаяся при использовании двутавровых балок в качестве вертикальных элементов ограждения. После натяжения и испытания анкеров, распределительный пояс приобретал форму, напоминающую «амурские» волны (рис. 3) [5].

«Амурская» волна на распределительном поясе, закрепленном анкера-

ми, появилась после приемочных испытаний нагрузкой 480 кН на анкер. Ограждение котлована было выполнено двутавровыми балками, погруженными в сухие скважины без добивки. Двутавровые балки под действием вертикальной составляющей при натяжении анкерных тяг погружались в грунт на разную величину.

Усилие вдоль анкерной тяги, установленной под углом 45° к горизонту, достигает $N = 480$ кН и раскладывается на полезную, горизонтальную составляющую $N_r = 341$ кН, обеспечивающую устойчивость борта котлована, и вертикальную составляющую $N_v = 341$ кН, которая должна компенсироваться сопротивлением труб ограждения котлована вдавливанию [7]. Вертикальная нагрузка от анкера через пояс воспринимается двумя ближайшими к анкеру трубами и превышает 170 кН на трубу-сваю. Если трубу оставить незаполненной бетоном, то сопротивление погружению трубы в грунт забоя скважины практически будет только по площади сечения стенок трубы, т.е. $A = 0,0043$ м². Расчетное сопротивление тугопластичных суглинков с показателем текучести $I_L = 0,4$ под нижними концами труб определяется по табл. 7.8 (СП 24.13330.2011) как для буровых свай на глубине 10,6 м, $R = 845$ кН/м². Несущая способность грунта (F_r) под нижним концом сваи-трубы составит:



Рис. 1. Крепление стенок котлована распорками [3]



Рис. 2. Крепление стенок котлована анкерами [4]



Рис. 3. Распределительный пояс после натяжения анкеров [6]

$$F_r = R \cdot A, \quad (1)$$

$$\text{т.е. } F_r = 845 \cdot 0,0043 = 3,6 \text{ кН.}$$

Под действием вертикальной нагрузки 170 кН труба будет легко погружаться в грунт до образования внутри трубы грунтовой пробки, т.е. погрузится на глубину около одного диаметра трубы. Такая осадка трубы ослабит анкерную тягу и позволит трубе отклониться в сторону котлована на величину, сопоставимую с осадкой трубы, что может оказаться критичным для зданий окружающих котлован. Учитывая наличие жилых домов на бровке котлована деформации борта котлована следует сводить к минимуму.

Проверим, достаточно ли заполнить скважину цементным раствором для восприятия 17 кН вертикальной вдавливающей составляющей усилия в анкере без учета обработки РИТ ствола и нижнего конца скважины.

Скважина диаметром 320 мм пробурена полым шнеком и при подъеме шнека скважина заполняется цементным раствором через шнек. После установки трубы ограждения в скважину, получается свая диаметром 320 мм армированная трубой диаметром 273 мм. Трубчатая свая, после набора прочности цементным камнем, при приложении вертикальной нагрузки работает как обычная буровая свая. Расчетное сопротивление под нижним концом обеспечивается по всей площади скважины $A = 0,0804 \text{ м}^2$ диаметром $d = 320 \text{ мм}$ и боковой поверхностью сваи длиной 5 м.

Несущая способность грунта под нижним концом сваи-трубы составит:

$$F_r = 845 \cdot 0,0804 = 68 \text{ кН.}$$

Расчетное сопротивление на боковой поверхности сваи определяем по табл. 7.3 (СП 24.13330.2011). Для тугопластичных суглинков, с показателем текучести $I_L = 0,4$, на глубине от 10,6 до 5,6 м, $\gamma_{cf} = 33 \text{ кН/м}^2$.

Несущая способность грунта на боковой поверхности сваи ниже дна котлована в пределах $h = 5 \text{ м}$ заглубления, с учетом коэффициента условий работы сваи $\gamma_{cf} = 0,7$ (табл. 7.6 СП 24.13330.2011), находится по формуле:

$$F_{\text{бп}} = \gamma_{cf} \cdot \gamma_{cf} \cdot S_{\text{бп}}, \quad (2)$$

$$S_{\text{бп}} = \pi \cdot d \cdot h = 3,14 \cdot 0,32 \cdot 5 = 5,0 \text{ м}^2 - \text{площадь боковой поверхности сваи.}$$

$$F_{\text{бп}} = 0,7 \cdot 33 \cdot 5 = 116 \text{ кН.}$$

Несущая способность сваи по грунту (трубы ограждения ниже дна котлована в скважине диаметром 320 мм, заполненной цементным раствором) на действие вертикальной нагрузки составит:

$$F_d = F_r + F_{\text{бп}}, \quad (3)$$

$$F_d = 68 + 116 = 184 \text{ кН.}$$

С учетом коэффициента надежности $k = 1,4$ составит $F_d = 131,4 \text{ кН}$.

Вертикальная нагрузка от анкера, действующая на сваю-трубу, достигает $170 \text{ кН} > 131,4 \text{ кН}$, т.е. несущая способность сваи по грунту не обеспечена и свая даст значительную осадку.

Проверим восприятие вертикальной вдавливающей составляющей от усилия в анкере с учетом обработки РИТ ствола и нижнего конца скважины.

Грунт под нижним концом сваи обрабатывается РИТ до формирования напряженно – деформированного состояния (НДС) грунта аналогичного НДС грунта под нижним концом забивной сваи, погруженной в этот же грунт на эту же глубину. В этом случае, согласно ТР 50-180-06, обработка РИТ должна продолжаться до увеличения диаметра скважины в ее нижнем конце до $1,15 \cdot 320 = 368 \text{ мм}$. При этом площадь поперечного сечения уширения составит $A = 0,106 \text{ м}^2$. Тогда, согласно ТР 50-180-06, можно

в расчетах несущей способности грунта под нижним концом свай-РИТ использовать расчетные сопротивления из табл. 7.2 СП 24.13330.2011, как для забивных свай. На глубине 10,6 м в тугопластичных суглинках, с показателем текучести $I_L = 0,4$ расчетное сопротивление грунта на глубине 10,6 м для свай вытеснения принимается равным $R = 2460 \text{ кН/м}^2$. Согласно положениям ТР 50-180-06 (п. 14.10.2) коэффициент условий работы грунта под нижним концом свай-РИТ принимается $\gamma_{CR} = 1,3$. Тогда несущая способность свай-РИТ под нижним концом определяется по формуле:

$$F_r = R \cdot A \cdot \gamma_C, \quad (4)$$

$$F_r = 2460 \cdot 0,106 \cdot 1,3 = 339 \text{ кН.}$$

Несущая способность грунта на боковой поверхности свай-РИТ от дна котлована до нижнего конца свай-РИТ, в пределах 5 м заглубления, с учетом коэффициента условий работы свай $\gamma_{cf} = 1$ составит

$$F_{bp} = 1 \cdot 33 \cdot 5 = 165 \text{ кН.}$$

Несущая способность свай-РИТ (трубы ограждения ниже дна котло-

вана в скважине диаметром 320 мм, заполненной цементным раствором и обработанной РИТ) при действии вертикальной нагрузки составит:

$$F_d = 339 + 165 = 504 \text{ кН.}$$

С учетом коэффициента надежности геотехнической конструкции (свая-грунт) $k = 1,4$ составит $F_d = 360 \text{ кН}$.

Вертикальная нагрузка от анкера, действующая на трубу равна $170 \text{ кН} < 360 \text{ кН}$, т.е. несущая способность грунта обеспечена с двойным запасом. Поэтому осадка свай-РИТ в ограждении котлована не превысит первых миллиметров. Незначительные вертикальные осадки не создают дополнительных горизонтальных перемещений ограждения в сторону котлована. Как видим, обработка РИТ свай в ограждении котлована приводит к тому, что вертикальные элементы крепления бортов котлована с запасом воспринимают вертикальную составляющую нагрузку при натяжении грунтовых анкеров, давая при этом минимальные осадки и тем самым повышая общую устойчивость конструкции ограждения котлована.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Джантимиров Х.А., Рытов С.А., Юдович Б.Э. Новейшие геотехнические технологии, конструкции и материалы // Труды института НИИОСП. – М., 2001.

2. Улицкий В.М., Шашкин А.Г., Шашкин К.Г. Геотехническое сопровождение развития городов. – СПб., 2010.

3. Промышленное и гражданское строительство. – 2007. – № 6.

4. Еремин В.Я., Еремин А.В., Соколов В.А., Обозов В.И., Тихонов М.С. Опыт усиления фундамента сваями-РИТ // Вестник строительного комплекса Подмосковья. Информационный сборник. – 2010. – № 4. С. 66–67.

5. Еремин В.Я., Еремин А.В., Кубецкий В.Л. Опыт строительства на сваях-РИТ. – Волгоград, 2008.

6. Тер-Мартirosян З.Г., Еремин В.Я., Буданов А.А. Исследование напряженно-деформированного состояния маловлажного песчаного грунта вокруг свай-РИТ // Вестник МГСУ. – 2008. – № 2. – С. 24–36.

7. Мадатян С.А., Еремин В.Я., Еремин А.В., Раянов С.Ф., Сарафанов Н.В., Буданов А.А. Узел стыкового соединения стержней арматуры в сжатых железобетонных элементах // Бетон и железобетон. – 2008. – № 2(551). – С. 2–5. **ПИАБ**

Галаветдинов Винер Зинфирович¹ – аспирант, e-mail: vinzin89@mail.ru,
Давиденко Борис Юрьевич¹ – кандидат технических наук, профессор,
e-mail: bdavidenko@mail.ru,

Еремин Валерий Вячеславович – кандидат технических наук,
технический директор фирмы «РИТА»

(Разрядно-Импульсные Технологии и Аппараты),
e-mail: info@rita.com.ru,

¹ МГИ НИТУ «МИСиС».

UDC 622.02:531

THE FEASIBILITY OF USING THE DISCHARGE-PULSE TECHNOLOGY IN THE REGENERATION OF SHEET PILING

Galavetdinov V.Z.¹, Graduate Student, e-mail: vinzin89@mail.ru,

Davydenko B.Y.¹, Candidate of Technical Sciences, Professor, e-mail: bdavidenko@mail.ru,

Eremin V.V., Candidate of Technical Science, Technical Director of Company «РИТА»

(Discharge-Pulse Technology and Devices), Moscow, Russia, e-mail: info@rita.com.ru,

¹ Mining Institute, National University of Science and Technology «MISiS», 119049, Moscow, Russia.

Nowadays, development of underground space may be considered globally one of the most important and rapidly growing trends in civil and industrial construction. Significant role played by the underground construction in Russia. Most commonly, construction of underground and buried structures is conducted in areas of large towns and cities. The main factors contributing to the need for urban underground space, as are the lack of vacant land in the historically formed housing development, and the requirements of urban infrastructure development.

There are many ways to mount the sides of trenches, one of the innovative technologies include anchoring systems made, by the discharge- pulse technology. In this paper we examine the impact of the anchor pulling on the sheet piling. As a result of experience it is established that anchoring after stretching lead to dowels immersing to different depth, which weakens the anchor rod. The project considers three cases and calculations produced on the bearing capacity of the dowel according to the ground. In the first example, consider the behaviour of hollow dowel after stretching the anchor, the second dowel is poured with the cement solution and in the third case the dowel, equipped for the discharge-pulse technology is tested.

Key words: anchor, sprung structure, dowel, discharge-pulse technology (dpt), pile, loam clay, concrete, bearing.

REFERENCES

1. Dzhanimirov Kh.A., Rytov S.A., Yudovich B.E. *Trudy instituta NIIOSP* (Proceedings of Institute of NIIOSP), Moscow, 2001.
2. Ulitskii V.M., Shashkin A.G., Shashkin K.G. *Geotekhnicheskoe soprovozhdenie razvitiya gorodov* (Geotechnical support urban development), Saint-Petersburg, 2010.
3. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo*. 2007, no 6.
4. Eremin V.Ya., Eremin A.V., Sokolov V.A., Obozov V.I., Tikhonov M.S. *Vestnik stroitel'nogo kompleksa Podmoskov'ya. Informatsionnyi sbornik*. 2010, no 4, pp. 66–67.
5. Eremin V.Ya., Eremin A.V., Kubetskii V.L. *Opyt stroitel'stva na svayakh-RIT* (Experience in construction on piles-DPT), Volgograd, 2008.
6. Ter-Martirosyan Z.G., Eremin V.Ya., Budanov A.A. *Vestnik MGSU*. 2008, no 2, pp. 24–36.
7. Madatyan S.A., Eremin V.Ya., Eremin A.V., Rayanov S.F., Sarafanov N.V., Budanov A.A. *Beton i zhelezobeton*. 2008, no 2(551), pp. 2–5.

