



DOI: 10.15593/2224-9826/2016.2.07

УДК 624.154.53

## **ПРИМЕНЕНИЕ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ В ТЕХНОЛОГИИ УСТРОЙСТВА БУРОНАБИВНЫХ СВАЙ В ОБСАДНЫХ ТРУБАХ**

**А.С. Вшивков, Т.М. Бочкарева**

Пермский национальный исследовательский политехнический университет, Пермь, Россия

### О СТАТЬЕ

Получена: 11 февраля 2016  
Принята: 02 марта 2016  
Опубликована: 30 июня 2016

#### *Ключевые слова:*

свайные фундаменты, фундаментостроение, буронабивные сваи, композитный материал, стеклопластик, механические свойства, коррозионная стойкость, теплопроводность, опалубка, бетонная смесь, обсадная труба

### АННОТАЦИЯ

Рассмотрена одна из основных проблем свайного фундамента на основе забивных железобетонных свай – невозможность их бездефектного погружения, связанная в первую очередь со сложными грунтовыми условиями. Данная проблема приводит к необходимости производить срубку голов свай с непроектным погружением («недобитые сваи») или забивать сваю-дублер. Альтернативой использованию забивных свай являются буронабивные сваи. В статье представлена подробная классификация буронабивных свай, проведен анализ и сопоставление характеристик стали и стеклопластика, что позволяет предположить расширение области применения последнего в области строительства, в частности при устройстве свайного фундамента. Уникальность стеклопластика в сравнении с любым другим материалом, применяемым в качестве обсадных труб, заключается в возможном сочетании свойств, которое позволит создавать буронабивные сваи с повышенными прочностными характеристиками. Технология устройства буронабивных свай в обсадных трубах из стеклопластика, предлагаемая авторами, по коррозионной стойкости и морозостойкости не уступает конструкциям, которые выполнены полностью из полимерных материалов, а по прочности, жесткости и устойчивости превосходит полимерные материалы и не уступает стали. Основной физический смысл метода создания буронабивных свай в обсадных трубах из стеклопластика заключается в следующем: герметичная стеклопластиковая оболочка (стеклопластиковая труба) надежно защищает бетонную сваю от воздействия внешней среды, что определяет ее долговечность, выполняет функции арматуры, воспринимая механические нагрузки, и одновременно выполняет функцию опалубки, которая удерживает тепло бетонной смеси внутри конструкции благодаря низкой теплопроводности, что позволяет повысить качество выполняемых работ в соответствии со схемами операционного контроля качества.

© ПНИПУ

© Вшивков Александр Семёнович – студент, e-mail: mastersu3vshivkov@yandex.ru.

Бочкарева Татьяна Михайловна – кандидат технических наук, доцент, e-mail: tsp-btm@mail.ru.

Alexandr S. Vshivkov – Student, e-mail: mastersu3vshivkov@yandex.ru.

Tatyana M. Bochkareva – Ph.D. in Technical Sciences, Associate Professor, e-mail: tsp-btm@mail.ru.

## THE USE OF COMPOSITE MATERIALS IN THE DEVICE TECHNOLOGY OF BORED PILES IN THE CASING

A.S. Vshivkov, T.M. Bochkareva

Perm National Research Polytechnic University, Perm, Russian Federation

---

### ARTICLE INFO

Received: 11 February 2016  
Accepted: 02 March 2016  
Published: 30 June 2016

#### Keywords:

pile foundations, foundation engineering, bored piles, composite, fiberglass, mechanical properties, corrosion resistance, thermal conductivity, formwork, concrete mix, the casing

### ABSTRACT

The article describes one of the main problems of pile foundation on the basis of precast concrete piles – they cannot be defect-free dive-related, primarily, with complex ground conditions. This problem leads to the need to produce felling heads piles with non-project immersion ("aspiring pile") or a pile hammer understudy. An alternative to the use of driven piles are bored piles. The article presents a detailed classification of bored piles, the analysis and comparison of the characteristics of steel and fiberglass, which suggests the expansion of the scope of the latter in the field of construction and, in particular, when the pile foundation. The uniqueness of fiberglass in comparison with any other material used as a casing, is the possible combination of properties which will create bored piles with increased strength characteristics. Technology device bored piles in the casing made of fiberglass, proposed by the authors, corrosion resistance and frost resistance are not inferior designs, which are made entirely of polymer materials, and strength, rigidity and stability are superior to polymeric materials and are not inferior to steel. The main physical meaning of the method of creation of bored piles in the casing made of fiberglass is as follows: sealed fiberglass shell (fiberglass pipes) protects concrete pile from the external environment that determines its durability, acts as a reinforcement, perceiving mechanical loads and simultaneously performs the function formwork, which keeps the heat inside the concrete mix design, thanks to the low thermal conductivity, which improves the quality of work performed in accordance with the schemes of operational quality control.

© PNRPU

Свайные фундаменты в сравнении с другими известными и применяемыми на сегодняшний день типами фундаментов признаны эффективными. Эффективность свайного фундамента достигается за счет высокой эксплуатационной надежности, жесткости, относительно низкой материалоемкости, высокой индустриальности производства, возможности круглогодичного ведения работ. Однако, используя свайные фундаменты на основе забивных железобетонных свай, не всегда возможно обеспечить их бездефектное погружение. Наиболее распространенный дефект, возникающий при забивке свай, связан чаще всего со сложными грунтовыми условиями и приводит к разрушению оголовка. Данный вид дефектов обуславливает необходимость производить срубку голов свай с непроектным погружением («недобитые сваи») или забивать сваю-дублер. При строительстве отдельных объектов объем срубки голов «недобитых свай» и забитых свай-дублеров составляет 12–18 % всего объема погружаемых свай [1].

Альтернативой использования забивных свай являются буронабивные сваи. Как и при работе с другими типами фундаментов, устройство фундаментов на буронабивных сваях должно соответствовать основным задачам фундаментостроения зданий и сооружений. Фундаменты зданий и сооружений должны отвечать следующим требованиям:

- 1) техническая выполнимость в данных конкретных условиях;
- 2) целесообразность для данного объекта;
- 3) эксплуатационность;
- 4) оптимальность с экономической точки зрения для проектируемого объекта;
- 5) надежность и экологическая безопасность.

При устройстве фундаментов должны учитываться естественные и технологические процессы, связанные со строительством и эксплуатацией здания или сооружения в пределах нормативных сроков.

Анализ периодической, нормативной литературы, а также патентов в области исследования позволил авторам статьи прийти к следующему заключению: на территории Российской Федерации композитные материалы, а именно – стеклопластики, не применяются в качестве обсадных труб при устройстве буронабивных свай (рисунок). Поэтому дальнейшей задачей исследования было рассмотрение и возможность применения стеклопластика в качестве обсадной трубы.

Стеклопластик – стеклонаполненный композиционный материал, состоящий из наполнителя (стекловолокна – стеклянных нитеобразных волокон, ткани или мата) и связующего – полиэфирной смолы определенного вида [2–6]. Наполнитель выполняет армирующую функцию и обеспечивает требуемую прочность. Полиэфирная смола придает материалу монолитность, способствует эффективному использованию прочности стекловолокна и распределению усилий между волокнами, защищает стекловолокно от агрессивных сред [7–14]. Уникальность стеклопластика в сравнении с любым другим материалом, применяемым в качестве обсадных труб, заключается в возможном сочетании свойств, которое позволит создавать буронабивные сваи с повышенными прочностными характеристиками. Сравнительная характеристика свойств стали, как наиболее распространенного материала, используемого в качестве обсадных труб, и стеклопластика приведена в табл. 1.

Анализ и сопоставление характеристик стали и стеклопластика позволяют предположить расширение области применения последнего в сфере строительства, в частности при устройстве свайного фундамента [15, 16].

Стеклопластик обладает следующими необходимыми свойствами, позволяющими рассмотреть возможность его применения в качестве обсадных труб для выполнения буронабивных свай [4, 7, 17–20]:

- малый удельный вес, что делает его удобным для транспортировки (уменьшение транспортных затрат, а также затрат, связанных с погрузочно-разгрузочными работами и монтажом);

- диэлектрические свойства (стеклопластик – электроизоляционный материал при использовании как переменного, так и постоянного тока);

- высокие механические свойства (определяются характеристиками наполнителя и прочностью его связи со связующим материалом);

- теплоизоляционные свойства (стеклопластик является материалом с низкой теплопроводностью, что позитивно отражается на условиях выдерживания бетонной смеси в период набора прочности бетоном);

- высокая коррозионная стойкость (стеклопластик не подвергается электрохимической коррозии, стоек к воздействию концентрированных кислот и щелочей). Характеристика химической стойкости стеклопластика к агрессивным средам приведена в табл. 2.

Технология устройства буронабивных свай в обсадных трубах из стеклопластика, предлагаемая авторами, по коррозионной стойкости и морозостойкости не уступает конструкциям, которые выполнены полностью из полимерных материалов, а по прочности, жесткости и устойчивости превосходит полимерные материалы и не уступает стали.



Рис. Классификация бурунабивных свай  
 Fig. Classification of bored piles

Таблица 1

Сравнительная характеристика свойств стали и стеклопластика

Table 1

Comparative characteristics of the properties of steel and fiberglass

Характеристики	Материал	
	Сталь	Стеклопластик
Плотность, кг/м <sup>3</sup>	7800	1800–1900
Модуль упругости, ГПа	210	55
Удельный модуль упругости, км	2692	2895–3056
Предел прочности (для металлов предел текучести) при растяжении, МПа	240	1700
Удельный предел прочности (для металлов предел текучести), км	3,1	89–94
Отношение усталостной прочности к статической (число циклов 10 <sup>7</sup> )	0,26	0,29
Теплопроводность при 20 °С, Вт/м·°С	64	0,75
Удельное объемное электрическое сопротивление, Ом·м	проводник	1,0·10 <sup>10</sup>
Коэффициент линейного расширения, ·10 <sup>6</sup> град <sup>-1</sup>	11,9–14,2	0,45–8,3
Гигроскопичность, %	–	0,5
Стойкость к воздействию химически агрессивных сред, солевых растворов	не стоек; требуются мероприятия по защите от коррозии	стойк
Эксплуатационные затраты	требуются регламентные работы не реже 1–2 раза в год	восстановление цветовой окраски по мере снижения ее интенсивности
Возможность реализации архитектурно-дизайнерских решений	требуется дорогостоящая реконструкция оборудования	требуется изготовление недорогой технологической оснастки

Таблица 2

Характеристика химической стойкости стеклопластика к агрессивным средам

Table 2

Characteristics of the chemical resistance of fiberglass to hostile environments

№ п/п	Наименование	Максимальная концентрация, %	Максимальная температура эксплуатации, °С
1	Соляная кислота	без ограничения концентрации	40...110 в зависимости от концентрации
2	Серная кислота	75	40...105 в зависимости от концентрации
3	Азотная кислота	35	25...65 в зависимости от концентрации
4	Смесь кислот: соляная/плавиковая	25/6 или 36/1	40 и выше в зависимости от концентрации
5	Фосфорная кислота	без ограничения концентрации	180
6	Гипохлорит натрия	18 % активного хлора	80
7	Едкий натр	без ограничения концентрации	80
8	Едкий калий	45	65
9	Хлорное железо	без ограничения концентрации	180
10	Полиоксихлорид алюминия	без ограничения концентрации	180

Основной физический смысл метода создания буронабивных свай в обсадных трубах из стеклопластика заключается в следующем: герметичная стеклопластиковая оболочка (стеклопластиковая труба) надежно защищает бетонную сваю от воздействия внешней среды, что определяет ее долговечность, выполняет функции арматуры, воспринимая механические нагрузки и одновременно выполняет функцию опалубки, которая удерживает тепло бетонной смеси внутри конструкции благодаря низкой теплопроводности, что позволяет повысить качество выполняемых работ в соответствии со схемами операционного контроля качества.

### Библиографический список

1. Пономарев А.Б., Соловьев А.В., Богомолова О.А. К вопросу определения расчетной нагрузки на сваю // Актуальные проблемы геотехники: сб. ст., посвященный 60-летию профессора А.Н. Богомолова. – Волгоград, 2014. – С. 159–165.
2. Михайлин Ю.А. Термоустойчивые полимеры и полимерные материалы. – СПб.: Профессия, 2006. – С. 267–272.
3. Петрова Г.Н., Бейдер Э.Я. Конструкционные материалы на основе армированных термопластов // Российский химический журнал. – 2010. – Т. LIV, № 1. – С. 30–40.
4. Давыдова И.Ф., Кавун Н.С. Стеклопластики – многофункциональные композиционные материалы // Авиационные материалы и технологии. – 2012. – № 5. – С. 253–260.
5. Полимерные композиционные материалы: структура, свойства, технология / М.Л. Кербер, В.М. Виноградов, Г.С. Головкин [и др.]. – СПб.: Профессия, 2011. – С. 32–33.
6. Петрова Н.А. Стеклопластики и их сырьевое обеспечение в России // Полимерные материалы. – 2008. – № 11. – С. 33–36.
7. Гращенков Д.В., Чурсова Л.В. Стратегия развития композиционных и функциональных материалов // Авиационные материалы и технологии. – 2012. – № 5. – С. 231–242.
8. Михайлин Ю.А. Терморезактивные связующие ПКМ // Полимерные материалы. – 2008. – № 10. – С. 14–19.
9. Володин К.Е., Изотова Т.Ф., Малышенко С.В. Термопластичные наполнители для многослойных конструкций // Авиационные материалы и технологии. – М.: ВИАМ, 2004. – С. 19–21.
10. Барботько С.Л., Вольный О.С., Изотова Т.Ф. Математическое моделирование тепловыделения при горении для полимерных композиционных материалов различной толщины // Пожаровзрывобезопасность. – 2007. – Т. 16, № 4. – С. 16–20.
11. Marsh G. 50 years of reinforced plastic boats // Reinforced plastics. – 2006, 8 October.
12. Car of the future in plastics // The Mercury. – Hobart, Tasmania, 1946.
13. Bank L.C. Composites for construction: structural design with FRP materials. – John Wiley & Sons, 2006.
14. Residual strength testing in pultruded FRP material under a variety of temperature cycles and values / S. Russo, B. Ghadimi, K. Lawania, M. Rosano // Composite Structures. – 2015. – Vol. 133. – P. 458–475.
15. Nawy E.G. Fundamentals of high-performance concrete. – John Wiley and Sons, 2001.
16. Gordon J.E. The New Science of Strong Materials: Or Why You Don't Fall Through the Floor. – Penguin Books Limited, 1991.
17. Преображенский А.И. Стеклопластики – свойства, применения, технологии // Главный механик. – 2010. – № 5. – С. 27–36.
18. Lamm M. The Fiberglass Story // Invention & Technology Spring. – 2007. – Vol. 22, iss. 4.
19. Mayer R.M. Design with reinforced plastics. – Springer, 1993.
20. Кноп А., Шейб В. Фенольные смолы и материалы на их основе. – М.: Химия, 1983. – 280 с.

## References

1. Ponomarev A.B., Solov'ev A.V., Bogomolova O.A. K voprosu opredeleniia raschetnoi nagruzki na svaiu [The question of determining the estimated load on the pile]. *Sbornik statei, posviashchennyi 60-letiiu professora A.N. Bogomolova "Aktual'nye problemy geotekhniki"*. Volgograd, 2014, pp. 159-165.
2. Mihailin Iu.A. Termoustoichivye polimery i polimernye materialy [Heat resistant polymers and polymeric materials]. Saint-Petersburg: Professiiia, 2006, pp. 267-272.
3. Petrova G.N., Beider E.Ia. Konstruktsionnye materialy na osnove armirovannykh termoplastov [Construction materials based on reinforced thermoplastics]. *Rossiiskii himicheskii zhurnal*, 2010, vol. LIV, no. 1, pp. 30-40.
4. Davydova I.F., Kavun N.S. Stekloplastiki – mnogofunktsional'nye kompozitsionnye materialy [Fiberglass composite as multifunctional materials]. *Aviatsionnye materialy i tekhnologii*, 2012, no. 5, pp. 253-260.
5. Kerber M.L., Vinogradov V.M., Golovkin G.S. [et al.]. Polimernye kompozitsionnye materialy: struktura, svoistva, tekhnologia [Polymer composite materials: structure, properties, technology]. Saint-Petersburg: Professiiia, 2011, pp. 32-33.
6. Petrova N.A. Stekloplastiki i ikh syr'evoe obespechenie v Rossii [The fiberglass-reinforced plastics and their raw material supply in Russia]. *Polimernye materialy*, 2008, no. 11, pp. 33-36.
7. Grashkhenkov D.V., Chursova L.V. Strategia razvitiia kompozitsionnykh i funktsional'nykh materialov [The development strategy of composite and functional materials]. *Aviatsionnye materialy i tekhnologii*, 2012, no. 5, pp. 231-242.
8. Mihailin Iu.A. Termoreaktivnye sviazuiushchie PKM [Thermosetting binder PKM]. *Polimernye materialy*, 2008, no. 10, pp. 14-19.
9. Volodin K.E., Izotova T.F., Malysheok S.V. Termoplastichnye zapolniteli dlia mnogosloinykh konstruktsii [Thermoplastic fillers for multilayer structures]. *Aviatsionnye materialy i tekhnologii*. Moscow: VIAM, 2004, pp. 19-21.
10. Barbot'ko S.L., Vol'nyi O.S., Izotova T.F. Matematicheskoe modelirovanie teplovydeleniia pri gorenii dlia polimernykh kompozitsionnykh materialov razlichnoi tolshchiny [Mathematical modelling of the heat during combustion to composite polymeric materials of different thickness]. *Pozharovzryvobezopasnost'*, 2007, vol. 16, no. 4, pp. 16-20.
11. Marsh G. 50 years of reinforced plastic boats. *Reinforced plastics*, 2006, 8 October.
12. Car of the future in plastics. *The Mercury*, Hobart, Tasmania, 1946.
13. Bank, Lawrence C. Composites for construction: structural design with FRP materials. John Wiley & Sons, 2006.
14. Russo S., Ghadimi B., Lawania K., Rosano M. Residual strength testing in pultruded FRP material under a variety of temperature cycles and values. *Composite Structures*, 2015, vol. 133, pp. 458-475.
15. Nawy E.G. Fundamentals of high-performance concrete. John Wiley and Sons, 2001.
16. Gordon J.E. The New Science of Strong Materials: Or Why You Don't Fall Through the Floor. Penguin Books Limited, 1991.
17. Preobrazhenskii A.I. Stekloplastiki – svoistva, primeneniia, tekhnologii [Glass fiber reinforced plastics – properties, applications, technology]. *Glavnyi mekhanik*, 2010, no. 5, pp. 27-36.
18. Lamm M. The Fiberglass Story. *Invention & Technology Spring*, 2007, vol. 22, iss. 4.
19. Mayer R.M. Design with reinforced plastics. Springer, 1993.
20. Knop A., Sheib V. Fenol'nye smoly i materialy na ikh osnove [Phenolic resins and materials on their basis]. Moscow: Khimiia, 1983. 280 p.