

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК 691

ВОЗВЕДЕНИЕ СВАЙ В ОРЕНБУРГСКОЙ ОБЛАСТИ

Бородина Екатерина Дмитриевна, студент, направление подготовки 08.03.01 Строительство, Оренбургский государственный университет, Оренбург
e-mail: borodina-ed@mail.ru

Научный руководитель: **Кузнецова Елена Владимировна**, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры технологии строительного производства, Оренбургский государственный университет, Оренбург
e-mail: com4lena@mail.ru

***Аннотация.** В данной работе представлены технологические особенности выполнения работ по устройству буронабивных свай в холодное время года, используемые в условиях Оренбургской области. При помощи практических сведений, в которые входит информация о создании комплекса исходного нагревания бетона, выполнен сравнительный анализ стоимости сырья, применяемого при буронабивных работах, и создана технология, при помощи которой возможно масштабное строительство со значительным снижением удельных расходов для фирм, ведущих производство работ в холодное время года с применением буронабивных технологий. Расчёты суммарных затрат на материалы показали, что приведённые суммарные затраты на выполнение буронабивных работ на 2,45% ниже суммарных затрат на материалы при выполнении работ при помощи холодной укладки бетона. При серийных буронабивных работах в холодное время года в Оренбурге самым лучшим вариантом считается применение на объекте строительства поста предварительного нагревания бетона.*

***Ключевые слова:** совершенствование, анализ, затраты, буронабивные сваи, бетонная смесь, предварительный разогрев, зимнее бетонирование, свайные фундаменты.*

***Для цитирования:** Бородина Е. Д. Возведение свай в Оренбургской области // Шаг в науку. – 2022. – № 4. – С. 28–34.*

CONSTRUCTION OF PILES IN THE ORENBURG REGION

Borodina Ekaterina Dmitrievna, student, training program 08.03.01 Construction, Orenburg State University, Orenburg
e-mail: borodina-ed@mail.ru

Research advisor: **Kuznetsova Elena Vladimirovna**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Construction Production Technology, Orenburg State University, Orenburg
e-mail: com4lena@mail.ru

***Abstract.** This paper presents the technological features of the work on the installation of bored piles in the cold season, used in the conditions of the Orenburg region. With the help of practical information, which includes information on the creation of a complex of initial heating of concrete, a comparative analysis of the cost of raw materials used in drilling operations was carried out and a technology was created with which large-scale construction is possible with a significant reduction in unit costs for firms conducting work in the cold season using drilling technologies. Calculations of the total cost of materials showed that the given total cost of performing drilling operations is 2.45% lower than the total cost of materials when performing work using cold concrete laying. With serial drilling operations in the cold season in Orenburg, the best option is considered to be the use of a concrete preheating post at the construction site.*

***Key words:** improvement, analysis, costs, bored piles, concrete mix, preheating, winter concreting, pile foundations.*

***Cite as:** Borodina, E. D. (2022) [Construction of piles in the Orenburg region]. *Shag v nauku* [Step into science]. Vol. 4, pp. 28–34.*

Технология изготовления и производства свай имеет многолетнюю историю развития и улучшения. Благодаря широкому применению свай в современном строительстве технология получила быстрое развитие. Сейчас можно с уверенностью сказать, что сваи с применением последних технологий отвечают всем строгим стандартам и прослужат не одну сотню лет. В СССР фундаменты на буронабивных сваях применялись до недавнего времени в основном в мостостроении и портовом строительстве, однако в последние годы они получают все более широкое распространение в промышленном и гражданском строительстве.

В данной работе проведен анализ себестоимости технологии выполнения буронабивных свайных фундаментов, по результатам расчетов определен эффективный вариант. Представлены технологические особенности выполнения буронабивных работ в холодное время года, используемые в условиях Оренбуржья, исходя из изученной литературы [1, 6].

Цель исследования – выбрать эффективный вариант фундаментов глубокого заложения, на основании расчётов суммарных затрат на материалы, которые показали, что приведённые суммарные затраты на выполнение буронабивных работ на 2,45% ниже суммарных затрат на материалы при выполнении работ при помощи холодной укладки бетона. При серийных буронабивных работах в холодное время года в Оренбурге, самым лучшим вариантом считается применение на стройке поста предварительного нагревания бетона.

При помощи практических материалов, в которые входит информация о создании комплекса исходного нагревания бетона, выполнен сравнительный анализ стоимости сырья, применяемого при буронабивных работах и создана методология, при помощи которой возможно масштабное строительство со значительным снижением удельных расходов для фирм, ведущих производство работ в холодное время года с применением буронабивных технологий. В данной работе использованы материалы статей научных журналов, а также информация от предприятий Оренбургской области, размещенная на их официальных сайтах.

В последние годы технология буронабивных свайных фундаментов получила большое применение благодаря следующим достоинствам [5, с. 43]:

- повышаются нагрузочные возможности фун-

дамента, его осадка становится более равномерной;

- снижаются объёмы выбранной земли под устройство фундаментов и количество бетона;

- имеются возможности опирания на малоподвижную почву, которая залегает на большой глубине;

- возможно применение свай большего сечения;
- строительство ведётся вне зависимости от погоды;

- снижаются затраты на строительную технику;
- строительство ведётся без шума и вибрации от забивки свай, что снижает вред для жителей близкорасположенных домов и для самих зданий.

Работам по устройству буронабивных свай должна предшествовать планировка строительной площадки на заданной отметке с разбивкой осей сооружения и надёжным закреплением на местности положения рядов буронабивных свай.

В зимнее время работы по устройству буронабивных свай в обводненных грунтах производятся при температуре наружного воздуха до -10°C ¹.

Буронабивные сваи с уширениями и без них, устраиваемые без крепления или с креплением стенок скважин, рекомендуются для фундаментов зданий и сооружений любого назначения (производственные, общественные, жилые и др.) при больших сосредоточенных вертикальных и горизонтальных нагрузках, а также на площадках со сложными геологическими и другими условиями строительства².

Буронабивные сваи применяются на всех почвах, за исключением скальных и крупнообломочных. Технологический процесс изготовления данных свай должен соответствовать требованиям³.

Исходя из местных геодезических характеристик, в районе монтажа данных конструкций используется 3 метода:

Сухой метод. Данный метод используется в твёрдых глинистых почвах, если не применяют усиление скважинных поверхностей. Скважины с требуемыми параметрами выполняются с применением шнеков или буров. В некоторых случаях в нижних частях скважин с применением спецоборудования выполняется их разбуривание. Последующее бетонирование проводится с применением опалубки из бетонных труб, которую убирают по мере бетонной заливки. По окончании данного процесса создаётся скелет, который в зимний период следует укрывать теплоизоляционными ма-

¹ Кузнецова Е. В., Скворцова Е. О. Анализ методов зимнего бетонирования монолитных конструкций // Междисциплинарные исследования. Современное состояние и перспективы развития: материалы XXIV Междунар. студен. науч.-практ. конф., 7 дек. 2018 г. – Екатеринбург: ИМПРУВ, 2018. – С. 10–25.

² СП 24.13330.2011. Свод правил. Свайные фундаменты. – Актуализированная редакция СНиП 2.02.03-85: введен 20.05.2011. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200084538?ysclid=l77ebx5a2461757542> (дата обращения: 05.04.2022).

³ СП 50-102-2003. Свод правил. Проектирование и устройство свайных фундаментов – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200032044?ysclid=l77egls5o626547786> (дата обращения: 05.04.2022).

териалами. Подобным образом монтируют сваи длиной до 30 м и сечением до 1,2 м. Этот метод нельзя применять при наличии агрессивных влажных сред.

Применение глинистых растворов. Данный метод используется при почве во влагонасыщенном состоянии и базируется на формировании гидравлического напора глинистых растворов $\gamma = 1200 \text{ кг/м}^3$, что даёт возможность исключить применение опалубочных систем. Глинистые растворы приготавливают на рабочей площадке из бентонитовой глины и при помощи специальных штанг закачивают в скважины [4]. Полученную смесь направляют по стенам в верхнюю зону и через зумпф при помощи перекачивающего устройства подают в буровые штанги, создавая круговое движение⁴. На следующем этапе в скважинах монтируют каркасы из арматуры для наполнения бетонной смесью. В процессе подачи бетона из скважины плавно выдавливается глинистый раствор и достаётся бетонная труба.

Применение обсадных труб. Данный метод применяется при всех геодезических характеристиках почвы. Перед началом бурения скважин внутренние поверхности инвентарных обсадных труб должны быть тщательно очищены от налипшего грунта и цементного молока, попавшего на их стенки при бетонировании предыдущей скважины. На строительной площадке должен быть оборудован специальный участок для очистки и мойки секций обсадных труб.

В процессе бурения должны постоянно контролироваться отметки забоя и режущего наконечника обсадной трубы путем регулярных промеров. Отметку режущего наконечника устанавливают исходя из общей длины секций обсадных труб ниже зафиксированного на станине бурового станка условного уровня. Отметку забоя определяют путем опускания в скважину специального лота

на гибкой мерной нити. В скважины обсадные трубы помещают за счёт гидравлических домкратов, при помощи забивания труб или вибрационного погружения, и соединяют друг с другом при помощи сварки либо специальных замков. Скважины выполняют при помощи ударного либо вращательного бурения. В целях расширения скважины в основании возможно применение направленных взрывов. В данных целях обсадные трубы подают вниз, не доставая до основания 1,4 м. В нижней части выполняют закладку зарядов соответствующей взрывной способности и с верхней зоны подают бетон. Перед бетонированием в скважину устанавливается арматурный каркас, конструкция и размеры которого должны соответствовать проекту. До погружения арматурного каркаса в скважину последнюю следует освидетельствовать в присутствии представителя авторского надзора. После подрыва создаётся сфера, быстро заполняющаяся бетонной смесью³. Направленный в скважину каркас заливается бетоном с использованием трубы, которая передвигается в вертикальном направлении. За счёт специальных домкратов обсадные трубы вращаются, что существенно повышает плотность бетона. Заполнение скважины бетонной смесью следует начинать после зачистки забоя и проверки глубины скважины, но не позднее чем через 2 часа после окончания бурения. При более длительном перерыве необходимо производить повторную зачистку забоя.

Рассмотрим параметры, от которых зависит себестоимость строительных работ: наибольшая ее глубина, на которую промерзает грунт в холодное время года, размеры свай, стоимость сырья для их производства [1, с. 3].

Вычисление себестоимости изготовления единицы материала для производства буронабивных работ производится по формуле

$$P_c = V_c * P_m + P_n, \quad (1)$$

где

P_c – себестоимость изготовления каждой сваи, руб.;

V_c – суммарный объём бетонной смеси, м³;

P_m – себестоимость бетона, руб.;

P_n – себестоимость строительной операции, руб.

В данном случае себестоимость выполнения буронабивных работ вычисляется следующим образом

$$P_n = P_a + P_k, \quad (2)$$

где

P_a – арендная плата за использование строительных машин, руб.;

P_k – оплата труда монтажников, руб.

⁴ Подготовка скважин к эксплуатации – URL: <http://proofoil.ru/Oilproduction/Borewell2.html> (дата обращения: 19.04.2022).

В случае выполнения строительных операций в любое время года арендная плата за технику, а также оплата труда монтажников и себестоимость металла для производства свай считается постоянной. По этой причине выполним анализ себестоимости изготовления бетона в зимнее и тёплое время года. Главной характеристикой

себестоимости бетона в зимнее время считается добавка в исходные материалы противоморозных компонентов.

В таблице 1 приведена себестоимость изготовления бетона с добавкой противоморозных компонентов и без них, для условий применения бетонов типа В15.

Таблица 1. Себестоимость изготовления бетона в холодное и тёплое время года

№ п.п.	Изготовитель бетона	Марка бетона	Стоимость, руб./м ³		Увеличение себестоимости, %
			тёплое время года	холодное время года (с применением противоморозных компонентов)	
1	ЗАО «Новые технологии»	В15	3094	3314	7,1
2	ЗАО «Оренбургбетон»	В15	2950	3050	3,4
3	ЗАО «Бетон-56»	В15	2440	2580	5,7

Источник: разработано автором на основе данных ЗАО «Новые технологии»⁵, ЗАО «Оренбургбетон»⁶, ЗАО «Бетон-56»⁷

Согласно данным, которые имеются в таблице 1, вычислим средневзвешенное увеличение себестоимости изготовления бетона в тёплое и холодное время года Q_{cp} по формуле

$$Q_{cp} = (Q_1 + Q_2 + Q_3) / n, \quad (3)$$

где

Q_1, Q_2 и Q_3 – увеличение себестоимости изготовления бетона у 1-го, 2-го и 3-го производителя соответственно;

n – число производителей.

По результатам вычислений при помощи формулы (3), которые имеются в таблице 1, установлено, что средневзвешенное увеличение себестоимости изготовления бетона в холодное время года на 5,4% выше относительно изготовления в тёплое время года.

Согласно расчетам, полученным при помощи сравнительного анализа себестоимости буронабивных работ при возведении ТЦ «Континент», размещённого в: г. Оренбург, ул. Ветеранов труда, д. 16/3, выполнены соответствующие изыскания.

В ходе вышеуказанного строительства возводился буронабивной фундамент по лицензии DDS для 2-х идентичных зданий по типовому проекту возведения свай⁸. Расстояние, на которое заглублены эти конструкции ($D_u = 0,52$ м) в грунт, составляет $L = 25$ м. Число возведенных конструкций $N = 208$ шт. во всех зданиях. Для производства строительных работ применялось следующее

оборудование: бурильный комплекс Bauer BG36, насос для подачи бетона БН-60, передвижной подъёмник МКГ-16М, бетономешалка СБ-92-1 и передвижной генератор мощностью 100 кВт АД-100-Т400. В ходе возведения свай на каждом участке работало одинаковое число работающих. Погодный режим был следующим: температура варьировалась в диапазоне от минус 5 °С до минус 10 °С, скорость ветра и влажность – умеренные. Расстояние, на которое промерзает грунт, в Оренбурге составляет $h_{cp} = 1,5$ м, поверхностный модуль $M_p = 4,22$ м-1 [7, с. 13].

Серийный монтаж строительных конструкций на первом участке выполнялся при помощи холодной технологии на основе бетона с противоморозными компонентами [2, с. 135–137]. При производстве бетонной смеси в заводских условиях придерживаются оптимальной концентрации противоморозных компонентов, рассчитанной на основании

⁵ ЗАО «Новые технологии» – URL: <https://zao-nt.com/> (дата обращения: 27.04.2022).

⁶ ЗАО «Оренбургбетон» – URL: <https://orenobk.pf/> (дата обращения: 27.04.2022).

⁷ ЗАО «Бетон-56» – URL: <https://beton056.ru/?ysclid=177evlj912261240659> (дата обращения: 27.04.2022).

⁸ Кузнецова Е. В., Скворцова Е. О. Анализ методов зимнего бетонирования монолитных конструкций // Междисциплинарные исследования. Современное состояние и перспективы развития: материалы XXIV Междунар. студен. науч.-практ. конф., 7 дек. 2018 г. – Екатеринбург: ИМПРУВ, 2018. – С. 10–25.

лабораторных экспериментов на предприятии⁹.

Во время серийного возведения строительных конструкций, изготовленных из бетона с противоморозными компонентами, суммарную себестоимость исходного сырья определяют по формуле

$$P_1 = P_{c1} * N_c, \quad (4)$$

где

- P_1 – суммарная себестоимость исходного сырья для свай с противоморозными компонентами;
- P_{c1} – себестоимость исходного сырья для каждой сваи с противоморозными компонентами;
- N_c – суммарное число свай.

На 2-м участке создана технология, где применяется бетон, произведённый в заводских условиях с соблюдением норм сохранности степени текучести подогретого бетона на время, необходимое для зачекки в заранее подготовленную зону, грелся до требуемого значения на месте производства работ [3, с. 121–123]. Водоцементный коэффициент устанавливается на основании исходной текучести бетона и располагается в диапазоне от 0,19 м до

0,21 м осадения типового конуса¹⁰. В данном случае поверхностный модуль $M_n < 5 \text{ м}^{-1}$, т. к. при указанном значении затвердевание бетона в скважине происходит за большее время, что положительно сказывается на прочностных характеристиках конструкции.

Суммарная себестоимость изготовления поста предварительного нагревания приведена в таблице 2.

Таблица 2. Расчёт стоимости изготовления поста предварительного нагревания бетона

№ п.п.	Наименование	Ед. изм.	Стоимость, руб.	Суммарный объём	Суммарная цена, руб.
1	Уголок равнополочный 125×125×12 мм	мп	852,6	148,0	126187,8
2	Лист 4×1500×3000 мм	шт.	9387,9	12,0	112654,2
3	Электротрансформатор для нагревания бетона ТСДЗ-40М	шт.	67000,0	1,0	67000,0
4	Зарплата рабочих	р/час	100,0	672,0	67200,0
5	Цена электроэнергии	р/Квт·ч	2,5	83904,0	209760,0
Итого					582802,0

Источник: разработано автором

При серийном возведении строительных конструкций, произведённых с предварительным на-

греванием бетона, суммарная цена исходных материалов определяется по формуле

$$P_2 = P_{c2} * N_c + P_{ев}, \quad (5)$$

где

- P_2 – суммарная цена исходных материалов свай, руб.;
- P_{c2} – цена материалов для каждой конструкции без введения антизамерзающих компонентов, руб.;
- N_c – суммарное число свайных конструкций, шт.;
- $P_{ев}$ – себестоимость устройства и эксплуатации поста предварительного нагревания бетона, руб.

Себестоимость устройства и эксплуатации поста предварительного нагревания бетона определяется по формуле

⁹ Молодин В. В., Андриевский С. Н., Пинаева Ю. А. Зимнее бетонирование конструкций монолитного каркаса зданий с электродным прогревом бетона // Актуальные проблемы строительной отрасли: тезисы докладов, Новосибирск, 01–30 апреля 2008 года / Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин). – Новосибирск: Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин), 2008. – С. 133–134.

¹⁰ Гарипов В. С., Панагасов М. А. Обзор особенностей производства бетонных работ в зимнее время // Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры: Материалы Всероссийской научно-методической конференции (с международным участием), Оренбург, 23–25 января 2020 года. – Оренбург: Оренбургский государственный университет, 2020. – С. 67–71.

$$P_{ев} = P_r + P_w + P_e, \tag{6}$$

где

P_r – суммарная цена материалов, которые требуются для устройства поста предварительного нагревания бетона, руб.;

P_w – зарплата машиниста пункта предварительного нагревания бетона, руб.;

P_e – суммарная цена электроэнергии, руб.

Затраты на электроэнергию P_e определяются исходя из установленной мощности оборудования поста предварительного нагревания бетона [6, с. 121]. Количество энергии для нагревания 1 м³ бетона на цементе марки М400 при температуре окружающей

среды $t = -10$ °С и поверхностном модуле $M < 6$ составляет $q = 76$ кВт*ч. Количество бетона, которое следует предварительно нагреть, определяется по формуле:

$$V_a = V_{cl} * N_c, \tag{7}$$

где

V_{cl} – объём каждой конструкции, м³;

N_c – число конструкций, м³.

$$V_a = 3.14 * 0.26^2 * 25 * 208 = 1104 \text{ м}^3.$$

Суммарный расход электричества, который требуется для нагревания бетона, определяется следующим образом:

$$Q_a = V_a * q = 1104 * 76 = 83904 \text{ кВт*ч.} \tag{8}$$

Усреднённый тариф за 1 кВт*ч в Оренбурге – 2,5 руб., следовательно, суммарные затраты электроэнергии составляют: $P_e = 2.5 * 83904 = 209706$ руб.

Результаты. Результаты сравнительного анализа суммарных затрат при выполнении буронабив-

ных работ по устройству буронабивных свай с добавкой противоморозных компонентов и с применением постов предварительного нагревания бетона приведены в таблице 3.

Таблица 3. Сравнительный анализ затрат на материалы для исследуемых методов выполнения буронабивных работ в г. Оренбург

Способ производства работ	Общее число свай, шт.	Объём каждой конструкции, м ³	Себестоимость бетона, р/м ³	Себестоимость поста предварительного нагревания бетона, руб.	Суммарные затраты на материалы, руб.
С добавкой противоморозных компонентов	208	20	3314	–	13798303
С применением поста предварительного нагревания бетона	208	30	3094	582802	13465104

Источник: разработано автором

По результатам расчётов суммарных затрат на материалы, которые приведены в таблице 3, можно сделать вывод, что приведённые суммарные затраты на выполнение буронабивных работ свай на 2,5% ниже суммарных затрат на материалы для выполнения работ при помощи холодной укладки бетона.

Заключение. В ходе сравнительного анализа затрат на материалы для серийного выполнения буронабивных работ в холодное время года установлено:

– В случае применения противоморозных компонентов в холодное время года относительно тё-

плого периода суммарные затраты увеличиваются на 5,4%.

– В целях понижения суммарных затрат на выполнение буронабивных работ в холодное время года в Оренбурге, самым лучшим вариантом считается применение на стройке поста предварительного нагревания бетона, о котором говорится в настоящей работе. Этот способ производства работ даст возможности строительным фирмам снизить финансовые расходы на выполнение работ по устройству буронабивных свай примерно на 2,5%.

Литература

1. Андриевский С. Н. Совершенствование технологии зимнего бетонирования конструктивных элементов монолитных каркасов здания: автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Новосибирск, 2009. – 18 с.
2. Иванов К. Ю. Оптимизация производства работ при устройстве буронабивных свай в зимний период строительства в Санкт-Петербурге // Молодой ученый. – 2015. – № 24 (104). – С. 134–138.
3. Мишин С. А., Борозенец Л. М. Экспериментальное исследование несущей способности и деформации основания одиночной буровой сваи и односвайно-плитного фундамента // Молодой ученый. – 2016. – № 7 (111). – С. 120–128.
4. Прочностные и деформативные свойства мелкозернистых бетонов / А. А. Анапенко [и др.] // Известия вузов. Строительство. – 1999. – № 1. – С. 34–39.
5. Разинкова В. П., Белова Т. К. Опыт и перспективы применения фибробетона в оголовках забивных свай // Шаг в науку – 2020. – № 4. – С. 42–45.
6. Сбитнев А. В. Несущая способность свай, выполненных по технологии вытеснения в слабых грунтах: автореф. дис. ... канд. техн. наук. – С.-Петербург, 2019. – 21 с.
7. Шувалов Н. Е. Буронабивные сваи при стесненном строительстве // Современные научные исследования и инновации. – 2017. – № 1(69). – С. 44–46.

Статья поступила в редакцию: 05.05.2022; принята в печать: 25.10.2022.

Автор прочитал и одобрил окончательный вариант рукописи.