

DOI: 10.12737/article_58e61337953177.28335849

*Рыбникова И.А., ст. препод.
Белгородский государственный технологический университет имени В. Г. Шухова
(Новороссийский филиал)
Рыбников А.М., канд. техн. наук, доц., ст. научн. сотр.
Государственный морской университет им. адм. Ф. Ф. Ушакова (г. Новороссийск)*

ОПЫТ УСТРОЙСТВА ЗАГЛУБЛЕННЫХ СООРУЖЕНИЙ СПОСОБОМ СВАЙНАЯ «СТЕНА В ГРУНТЕ»

a.ribnikov@novoroskhp.ru

Свайная «стена в грунте» – это подземная стена разной конфигурации, сооружаемая из буронабивных свай в качестве заглубленных сооружений разного назначения. Как показала практика строительства заглубленные сооружения, возведенные способом свайная «стена в грунте», являются надёжной конструкцией, позволяющей в ряде случаев сокращать сроки строительства и получать экономический эффект. Многолетний опыт эксплуатации таких сооружений показал их надёжность. В качестве примера приведен опыт строительства шламовой насосной станции от разливающих машин плавильного цеха № 6 и реконструкции склада металлической стружки Ермаковского завода ферросплавов. Показаны конструкции и технология возведения круглой и прямоугольной подземных частей этих сооружений с использованием буронабивных свай диаметрами 0,4 и 0,6 м, длиной до 12 м. «Стена в грунте» из указанных свай использована также при устройстве разгрузочной железнодорожной эстакады склада металлической стружки. Заглубленные сооружения, возведенные способом свайная «стена в грунте», являются надёжной конструкцией, позволяющей в ряде случаев сокращать сроки строительства и получать экономический эффект.

Ключевые слова: грунт, скважина, буронабивная свая, ростверк, заглубленное сооружение, стена в грунте, экономический эффект.

Введение. В соответствии с нормативными документами [1, 2] «стеной в грунте» является подземная стена, сооружаемая из буронабивных свай или в траншее под тиксотропным глинистым (или иным) раствором. Выбор способа разработки грунтовых выработок (скважины, траншеи) для возведения «стены в грунте» производится в зависимости от назначения сооружения, глубины его заложения, инженерно-геологических условий площадки строительства, расстояния до существующих сооружений и допусаемых осадок последних.

Способ возведения «стены в грунте» из буронабивных свай, когда скважины в грунте разрабатываются и бетонируются последовательно одна за другой или через одну, применяют при возведении сооружений в непосредственной близости от существующих зданий. При таком способе, благодаря малым поперечным размерам грунтовой выработки, обеспечивается минимальное влияние её разработки на эти здания.

Методология. Имеется достаточный опыт возведения заглубленных сооружений способом свайная «стена в грунте» на реальных объектах. Прежде, чем такие конструкции внедрялись в практику строительства, проводились их исследования, разрабатывалась методика расчёта, определялась область рационального применения, прорабатывалась технология их устройства и разрабатывалась проектная документация. Только после этого на площадках строительства

возводились «стены в грунте» из буронабивных свай, позволяющие во многих случаях ускорить срок строительства и за счёт экономии материалов и трудозатрат получать значительный экономический эффект.

Основная часть. При устройстве заглубленных несущих железобетонных сооружений способом свайная «стена в грунте» последнюю обычно выполняют монолитной. В плане их стараются устраивать круглыми, чтобы элементы «стен» работали не по балочной схеме, а как кольцевое сечение, без возникновения в них растягивающих напряжений. Одним из известных вариантов применения таких «стен» используют буронабивные сваи. В этом случае для устройства свайной «стены в грунте» не требуется специальной землеройной техники и оборудования для приготовления глинистой суспензии, поскольку буронабивные сваи изготавливают серийным оборудованием по отработанной технологии.

Указанный тип свайной «стены в грунте» применён, например, при строительстве подземной части шламовой насосной станции от разливающих машин плавильного цеха № 6 Ермаковского завода ферросплавов [3]. Первоначально планировалось возведение подземной части насосной классическим методом «опускного колодца» с массивными бетонными стенами и ножом. Однако от этого способа по экономическим и технологическим соображениям при-

шлось отказаться в пользу свайной «стены в грунте».

Основные несущие конструкции «стены» состоят из 53 буронабивных свай диаметром 0,6 м, длиной 12 м, омоноличенных по головам рост-

верком и по высоте железобетонной рубашкой толщиной 0,3 м, которая в свою очередь покрыта сплошной гидроизоляцией из стального листа толщиной 6 мм. Расстояние в осях свай по кольцу диаметром 15,2 м составляло 900 мм (рис. 1).

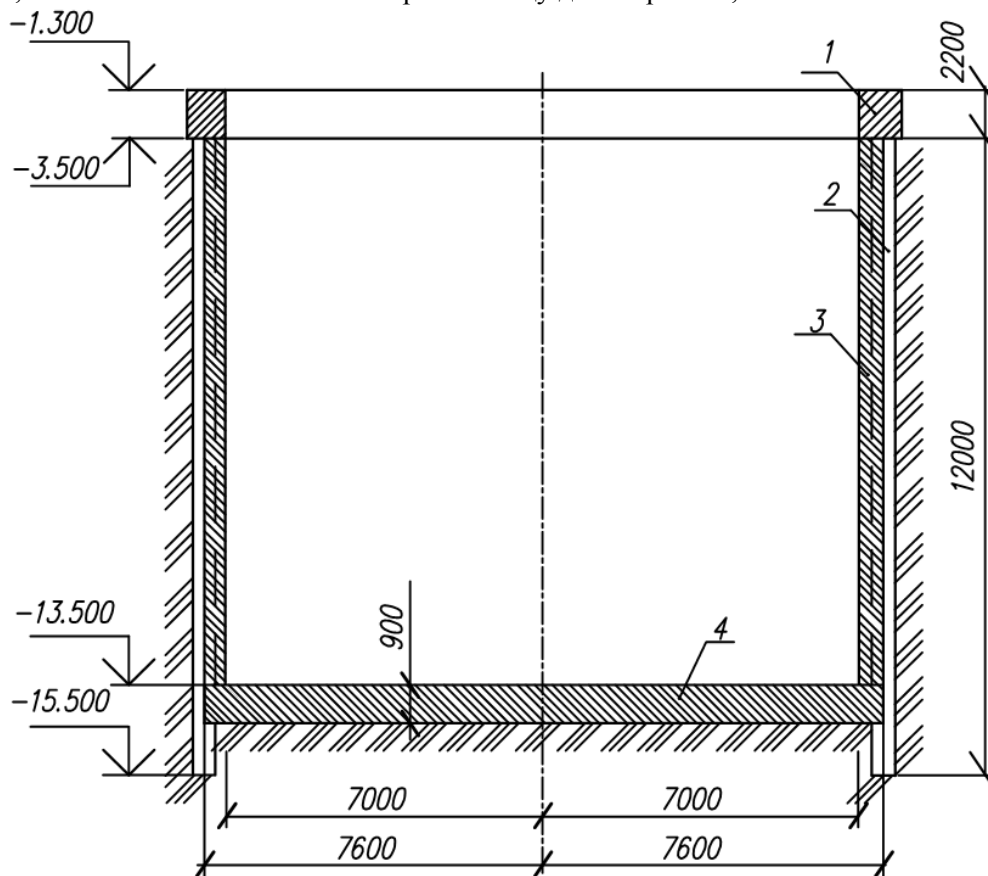


Рис. 1. Схематический разрез заглубленной части насосной станции:

1 – ростверк железобетонный обвязочный; 2 – буронабивная свая диаметром 600 мм; 3 – цилиндрическая железобетонная оболочка (рубашка); 4 – днище

Непосредственно подземная часть насосной станции представляет собой полый цилиндр диаметром 14 м по внутренней поверхности, разделённый вертикальной стенкой до отметки – 8,8 м на машинное и приёмное отделения. За относительную отметку 0,00 принят уровень чистого пола перекрытия насосной. На отметке –13,5 м расположен верх днища толщиной 0,9 м.

Площадка строительства насосной станции сложена с поверхности до разведанной глубины 45 м глинами аральской свиты со следующими физико-механическими характеристиками: $\rho = 1,88 \text{ г/см}^3$; $E = 10 \text{ МПа}$; $\varphi = 9^\circ$; $c = 0,059 \text{ МПа}$. Подземные напорные воды залегают на глубине 35 м.

На период строительства сваи служили ограждающей конструкцией подземной части насосной станции, а рубашка в процессе эксплуатации сооружения в грунте стала работать как кольцевое сечение. Технологический процесс устройства подземной части насосной станции способом свайная «стена в грунте» состоял из следующих операций:

- отрывка пионерного котлована до отметки –3,5 м;
- изготовление свай по периметру насосной станции;
- устройство обвязочного монолитного железобетонного кольцевого свайного ростверка;
- разработка (выемка) грунтового ядра внутри сооружения с одновременным устройством распорных колец в двух уровнях для придания жёсткости сваям;
- бетонирование рубашки с покрытием её стальной листовой изоляцией;
- бетонирование днища;
- устройство внутренней перегородки и перекрытия на отметке – 8,8 м;
- устройство перекрытия надземной части на отметке 0,00.

Скважины изготавливались бурильной крановой установкой БУК-600 в две очереди через одну. Стенки скважин в глине получались хорошего качества, не осыпались и не требовали крепления. Перед бетонированием забой скважины (нижний торец) уплотнялся механической

трамбовкой диаметром 500 мм весом 0,5 т, и затем в скважину на всю высоту опускался арматурный каркас. Для предотвращения обрушения устья скважины при опускании каркасов онезакреплялось инвентарной трубой-кондуктором длиной 1 м с наружным диаметром, равным диаметру скважины. Каркас фиксировался на трубе-кондукторе. По завершении бетонирования свай кондуктор удалялся. С целью четкой фиксации в скважине и формирования защитного слоя на арматурные каркасы свай по высоте приваривались короткие полозья из полосовой стали. После отрывки свай сеточный арматурный каркас монолитной рубашки приваривался к их закладным деталям. Поэтому при установке каркасов свай особое внимание уделялось их ориентированию согласно проекту.

Свая бетонировалась бетоном класса В 25. Применялся инертный заполнитель фракцией не крупнее 30 мм, прочностью, превышающей 60 МПа. Бетонная смесь с осадкой конуса 18–20 см укладывалась в скважину через многосекционную бетонолитную трубу диаметром 300 мм, имеющую приёмный вибробункер. При подъёме бетонолитной трубы в процессе бетонирования её нижний конец постоянно оставался заглубленным в бетонную смесь не менее чем на 1 м. При этом для предотвращения расслаивания бетонной смеси труба заполнялась ею на всю высоту. Каждая свая бетонировалась без перерывов до полного её изготовления. К изготовлению свай второй очереди приступали не ранее, чем после достижения бетоном смежных свай 25 % и более проектной прочности. Параллельно процессу изготовления свай по внутренней площади насосной станции бурились скважины глубиной 10 м для облегчения в последующем

разработки грунтового ядра грейфером, но без разрыхления слоя грунта днища.

По окончании изготовления всех свай для придания жёсткости конструкции по их головам устраивался обвязочный железобетонный ростверк высотой 2,2 м. После этого разрабатывалось грунтовое ядро до отметки минус 8,8 м, устраивалось монолитное кольцо высотой 1 м и по нему – временный стальной каркас. Затем этот технологический процесс повторялся на отметке –11,5 м с устройством второго кольца, после чего грунт разрабатывался до отметки –13,5 м, и снизу-вверх армировалось и бетонировалось кольцевое сечение рубашки стены (рис. 2). Стальная листовая изоляция служила несъёмной опалубкой рубашки. После набора бетоном рубашки 70–75 % прочности временные стальные пояса демонтировались, грунт отрывался на толщину днища, а днище бетонировалось. Стальные листы были покрыты противокоррозионным составом. На следующем этапе выполнялась внутренняя железобетонная перегородка с перекрытием, монтировались насосы с трубопроводами и выполнялось перекрытие насосной станции подземной части. Завершался нулевой цикл обратной засыпкой пазух котлована местным грунтом с послойным уплотнением.

Применение свайной «стены в грунте» при строительстве шламовой насосной позволило сэкономить на 38 % стоимость подземной части и в два раза сократить срок строительства. Возведенная насосная станция до настоящего времени эксплуатируется нормально. Периодически стальная изоляция по мере необходимости покрывается противокоррозионными составами.

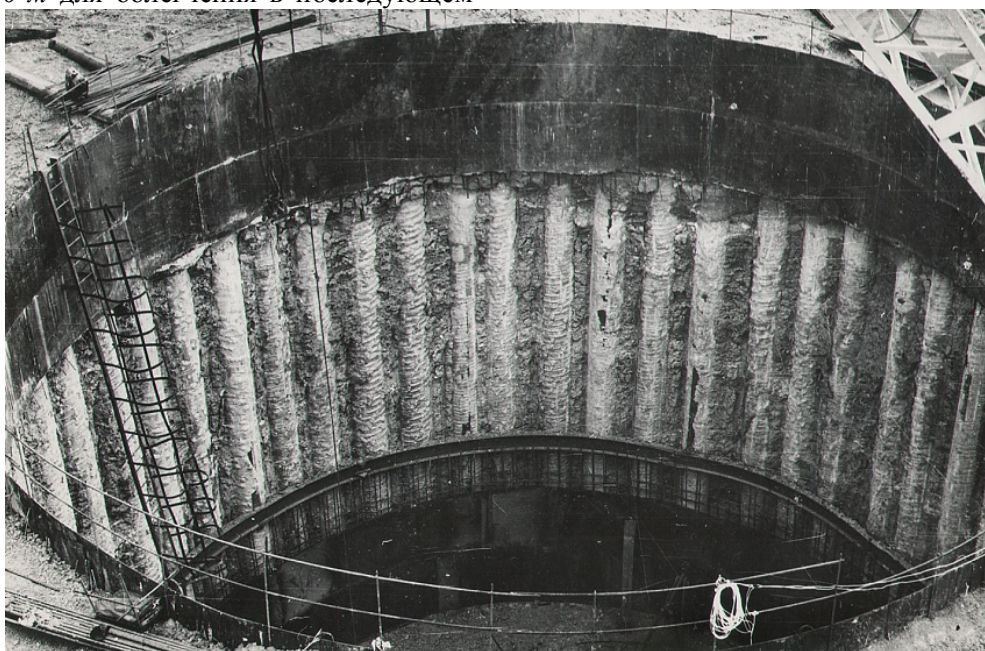


Рис. 2. Устройство армирования кольцевой рубашки «стены в грунте»

В качестве другого примера можно привести реконструкцию склада металлической стружки (используемой в качестве добавок при выплавке ферросилиция) на этом же заводе. Реконструкция склада заключалась в его расширении. К существующему складу необходимо было пристроить два пролёта по 30 м, длиной 48 м с шагом колонн 12 м. По центральной оси каждого пролёта расположены разгрузочные железнодорожные эстакады.

Заглубленная часть закровов склада представляет собой железобетонный короб-подвал глубиной 4 м под всем сооружением (кроме эстакад), поделённый на отсеки разделительными стенками. Функцию центральных разделительных стенок выполняют также эстакады. Для увеличения вместимости склада у закровов предусмотрены надземные бордюры высотой 2,4 м от нулевой отметки (отметка головки рельса).

По первоначальному проекту подземную часть закровов предполагалось возводить в сборном варианте, а фундаменты под каркас здания склада – монолитными на естественном основании. Однако вдоль склада пролегли действующие внутризаводские железнодорожные пути, и при отрывке глубокого котлована они бы попали в откос. В связи с этим необходимо было их укрепить, так как остановить движение составов или перенести пути не представлялось возможным. Крепление путей потребовало бы больших трудовых и материальных затрат. Площадка строительства склада стружки сложена глинами аральской свиты глубиной и физико-механическими характеристиками, приведенными выше.

С учётом этого обстоятельства был разработан вариант строительства заглубленной части склада способом свайная «стена в грунте» [4]. Это позволило отказаться от укрепления железнодорожных путей или остановки по ним движения. В основном решались задачи по устройству железнодорожных разгрузочных эстакад, которые одновременно являются разграничительными стенками закровов, фундаментов под стальной каркас сооружения распорного типа, внешних стенок закровов, расположенных по периметру склада. Последовательность операций строительного процесса и технология производства работ применялись следующие:

- разбиралась торцевая (фахверковая) стена существующего склада со стороны пристройки;
- на подготовленном основании монтировались железнодорожные пути разгрузочных эстакад;

- изготавливались буронабивные сваи под фундаменты каркаса, стенки эстакад и закровов, бетонировались ростверки;

- бетонировались полы, рубашка стенок закровов и эстакад с их последующей металлоизоляцией;

- стыковались возведенные и существующие части эстакад;

- монтировались надземные части закровов;

- все остальные этапы надземного строительства выполнялись по первоначальному проекту.

Скважины под сваи диаметром 0,4 и 0,6 м бурили установкой БУК-600 в общем котловане с отметки –0,65 м. Длина всех свай закровов, а также вдоль железнодорожной эстакады составила 10 м, кроме упорных (6 м). Во время буровых работ движение составов по железнодорожным путям вдоль склада и по эстакадам действующего склада не прекращалось. Несмотря на это стенки скважин не осыпались и их качество было хорошим. Расстояние в свету между сваями было принято 40 мм, поэтому сваи бурили в две очереди – через одну сваю (рис. 3).

Смежные сваи бурили только тогда, когда бетон уже в пробуренных и забетонированных скважинах достигал 25 % проектной прочности. Перед установкой арматурного каркаса забой скважины уплотняли механическими трамбовками в виде заполненных бетоном отрезков металлических труб, диаметр которых был несколько меньше диаметров скважин. Трамбовки входили в комплект навесного оборудования БУК-600. Для предотвращения обрушения устья скважин их закрепляли инвентарными трубами-кондукторами длиной 1 м с наружным диаметром, равным диаметру скважин.

Скважины армировали каркасом из шести стержней диаметром 26 мм класса А-400. Каркас имел направляющие полозья для создания защитного слоя бетона, и в проектное положение вывешивался на трубе-кондукторе с помощью арматурных коротышей. Арматурный каркас монолитной рубашки эстакады и закровов приваривался к закладным деталям свай. Поэтому особое внимание было уделено их ориентации в скважине строго перпендикулярно внутрь закровов (рис. 4).

Бетонную смесь класса В25 с осадкой конуса 18–20 см укладывали в скважину через многосекционную бетонолитную трубу диаметром 300 мм с приёмным вибробункером. При подъёме бетонолитной трубы в процессе бетонирования её нижний конец постоянно оставался заглубленным в бетонную смесь не менее чем на 1 м. Для предотвращения расслаивания бетонной смеси ею на всю высоту заполняли трубу. Сваи

бетонировали без перерывов до полного их изготовления. Применяемый инертный заполнитель был не крупнее 30 мм, прочностью, превышающей 80 МПа. Скважины под упорные сваи диаметром 0,6 м также бурили с отметки общего

котлована. Однако бетонировали их до отметки головы -4,15 м. Всего было изготовлено 1068 свай. В зимний период выполнялись мероприятия по предохранению бетона от промораживания.

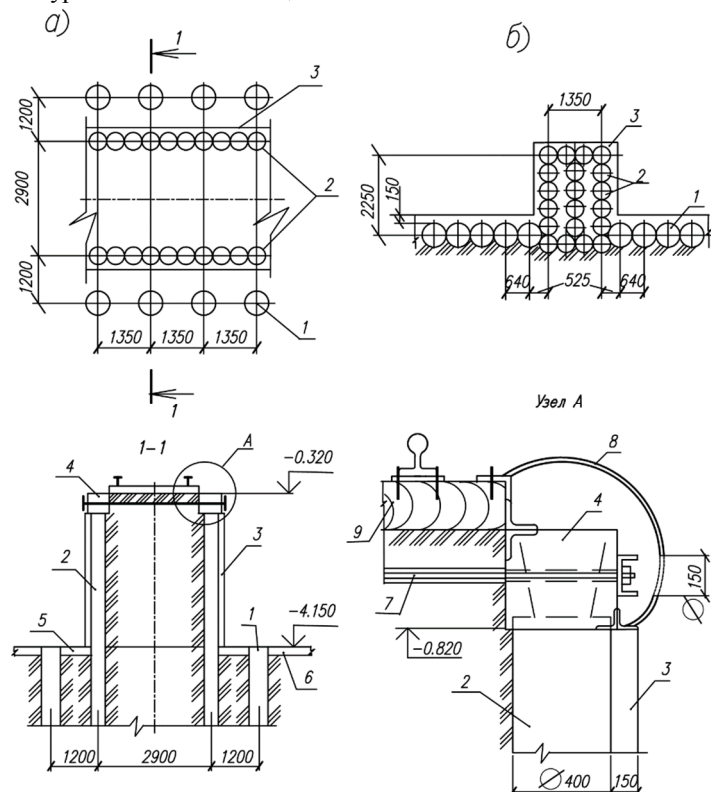


Рис. 3. Схема расположения свай под разгрузочную железнодорожную эстакаду (а), колонну каркаса склада и стенку закровов (б):

- 1, 2 – буронабивные сваи диаметром 0,6 и 0,4 м соответственно; 3 – монолитная железобетонная рубашка;
- 4 – ленточный железобетонный ростверк эстакады; 5 – сборная железобетонная упорная балочка между эстакадой и упорной свайей; 6 – днище закрома; 7 – стальной тяз в асбестоцементной трубе; 8 – половина трубы диаметром 920 мм с вырезами напротив тяжей; 9 – укороченная деревянная шпала

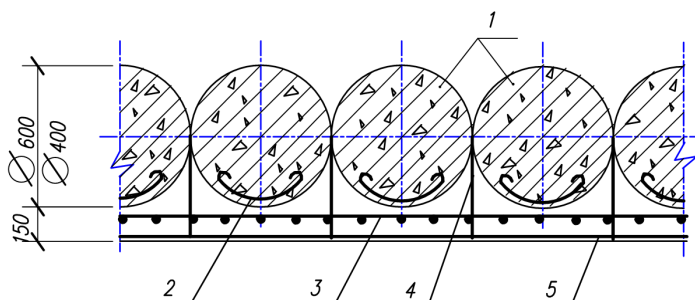


Рис. 4. Схема монолитной рубашки стенок закровов и эстакады:

- 1 – свая; 2 – закладная деталь на арматурном каркасе сваи; 3 – арматурная сетка рубашки;
- 4 – арматурный коротыш; 5 – стальная полоса 100×10 мм для приваривания металлоизоляции рубашек

После изготовления свай бетонировали ленточные ростверки стенок закровов в уровне голов свай, ростверки под каркас склада и параллельные ростверки эстакады. Чтобы скрепить последние между собой, в междушпальном пространстве отрывали канавки с шагом 1,5 м и в них укладывали асбестоцементные трубы диаметром 100 мм с пропущенными через них стальными тяжами-анкерами, залитыми битумом. На концы проходящих через ростверк ан-

керов надевали гильзы. После набора бетоном ростверков марочной прочности анкера стягивали болтами (рис. 3, узел А) и закрывали для предохранения их от металлической стружки при разгрузке вагонов стальной полутрубой (труба, разрезанная вдоль). В полутрубе для возможности доступа к болтам в период эксплуатации склада напротив них вырезали отверстия диаметром 150 мм.

На следующем этапе отрывали грунт в закромах. Вдоль эстакад отрывка велась захватками по 3 м и одновременно устанавливались сборные распорные балочки по головам распорных свай. Сваи в этот период работали по всему контуру закровов как ограждающие конструкции. К закладным деталям на сваях приваривали арматурные сетки монолитной рубашки. Рубашку толщиной 150 мм по контуру склада и внутренние перегородки, включая эстакады и днище, выполняли из бетона класса В12,5.

Закладные детали для металлоизоляции заглубленных стенок закровов, изготовленные из стальной полосы 100×10 мм, устанавливали с шагом 50 см по высоте параллельно днищу. Полосы анкерили в монолитной рубашке с помощью арматурных коротышей длиной 40 см с шагом, равным шагу свай. В качестве металлоизоляции использовали листовую сталь толщиной 6 мм. На последнем этапе возведения заглубленной части склада движение по эстакадам действующего склада по очереди прекращалось на двое суток для выполнения узлов примыкания к новым эстакадам.

Применение свайной «стены в грунте» на данном объекте позволило сэкономить значительные средства и не крепить котлован (например, шпунтовой стенкой) для постоянного использования рядом расположенных железнодорожных путей.

Сооружение склада до настоящего времени эксплуатируется нормально.

Вывод. Как показала практика строительства заглубленные сооружения, возведенные способом свайная «стена в грунте», являются надёжной конструкцией, позволяющей в ряде случаев сокращать сроки строительства и получать экономический эффект. Многолетний опыт эксплуатации таких сооружений показал их надёжность.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Свод правил СП 45.13330.2012. Земляные сооружения, основания и фундаменты. Актуализированная редакция СНиП 3.02.01-87.
2. Устройство «стены в грунте». СТО НОСТРОЙ 2.5.74-2012 // Стандарт организации / М.: Изд-во: Типография Богенпринт. 2012. 76 с.
3. Рыбников А. М., Першин В. Г. Свайная «стена в грунте» при строительстве заглубленных сооружений // Информационный листок. Серия 67.11.31 / Караганда: Изд-во Карагандинский ЦНТИ, 1991. № 6–91. 6 с.
4. Першин В. Г., Рыбников А. М. Устройство заглубленной части склада металлической стружки Ермаковского завода ферросплавов способом свайная «стена в грунте» // Промышленное строительство. 1991. № 5. С. 27–28.

Rybnikov I.A., Rybnikov A.M.

EXPERIENCE DEVICE SUNK CONSTRUCTION MANNER PILE «SLURRY WALL»

Pile "slurry wall" - an underground wall of different configurations, built of bored piles as buried structures for different purposes. As the practice of building buried structures erected manner Water Wheel "slurry wall", are a reliable design, allowing in some cases to reduce construction time and receive economic effect. Long-term experience of operation of such structures has shown its reliability. As an example, given the experience of the construction of the sludge pumping station by filling machines smelter number 6 and the reconstruction of the warehouse swarf Ermakovskogo Ferroalloy Plant. Showing the design and technology of erection of circular and rectangular underground parts of plants, using bored piles with diameters of 0.4 and 0.6 m, length up to 12 m. "Slurry wall" of these piles are also used in the device unloading railway rack warehouse metal shavings. Buried structures erected pile method "wall in the ground", are a reliable design that allows in some cases to shorten construction time and to obtain economic benefits.

Key words: ground, well, bored pile, raft foundation, the construction of recessed, wall in the ground, the economic effect.

Рыбникова Ирина Александровна, старший преподаватель, кафедры гуманитарных и естественнонаучных дисциплин.

Новороссийский филиал Белгородского государственного технологического университета им. В. Г. Шухова.

Адрес: Россия, 353915, Краснодарский край, г. Новороссийск, ул. Мысхакское шоссе, д. 75.

E-mail: a.ribnikov@novoroshkhp.ru

Рыбников Александр Михайлович, кандидат технических наук, доцент, старший научный сотрудник.

Государственный морской университет имени адмирала Ф. Ф. Ушакова, кафедра «Подъёмно-транспортные машины и комплексы».

Адрес: Россия, 353918, Краснодарский край, г. Новороссийск, пр. Ленина, д. 93.

E-mail: a.ribnikov@novoroshkhp.ru
