

### СБОРНО-МОНОЛИТНАЯ СОСТАВНАЯ СВАЯ

ФГБОУ ВПО «Магнитогорский  
государственный технический  
университет им. Г.И. Носова»,  
г.Магнитогорск

**Пермяков Михаил Борисович**  
*Декан архитектурно-строительного  
факультета,  
кандидат технических наук*

**Веселов Александр Васильевич**  
*Доцент кафедры строительного производства и автомобильных дорог  
архитектурно-строительного факультета, кандидат технических наук*

**Токарев Алексей Александрович**  
*Аспирант кафедры строительного производства и автомобильных дорог  
архитектурно-строительного факультета*

За последнее время в массовом промышленном и гражданском строительстве резко возросло применение свайных фундаментов, которые, в силу ряда их достоинств, пришли на смену ленточным и столбчатым фундаментам. Для обеспечения наилучшей работы по восприятию передаваемых на них нагрузок были разработаны различные конструктивные решения свайных фундаментов и технологические процессы их выполнения. Наибольшее распространение получили фундаменты, выполняемые из призматических сборных железобетонных свай заводского изготовления длиной 6-12 метров.

Анализируя требования, предъявляемые к конструктивным параметрам призматических свай на различных стадиях их существования, начиная от изготовления конструкций и заканчивая их работой в свайных фундаментах зданий и сооружений, легко заметить крайнюю противоречивость выдвигаемых условий. С одной стороны проще и комфортнее работать с небольшими по размерам и массам конструкциями. Это объясняется тем, что увеличение длины и веса свай неизбежно влечёт за собой усложнение всех технологических процессов, снижение производительности труда и необходимость использования более мощных строительных машин и механизмов. Кроме того, в этом случае возрастает вероятность повреждения свай при забивке.

С другой стороны возникает необходимость в обеспечении, иногда очень большой, несущей способности фундаментов. Выполнение этого условия у свайных фундаментов из призматических свай в значительной степени зависит от величины силы трения грунта по боковым поверхностям свай, погруженных в грунтовое основание. Повышение несущей способности сваи обычно достигается увеличением суммарной площади её боковых поверхностей, контактирующих с грунтом, за счет увеличения длины или размеров поперечного сечения сваи, либо одновременным увеличением этих двух параметров. Но во всех случаях увеличение площади боковых поверхностей приведет к возрастанию габаритов, объема и

массы сваи. Поэтому, обладающая большой площадью боковых поверхностей, призматическая железобетонная свая всегда будет иметь значительные линейные размеры и массу.

Таким образом можно сформулировать основные требования, которым должна удовлетворять свайная конструкция:

- простое конструктивное решение;
- небольшие размеры и массы свайных элементов;
- несложная технология изготовления в условиях обычных заводов ЖБИ;
- небольшой процент армирования, использование ненапрягаемой арматуры;
- удобство производства погрузочно-разгрузочных и транспортных работ;
- несложная технология изготовления свайного фундамента с использованием обычного оборудования, применяемого для производства данного вида работ;
- высокая несущая способность свайного фундамента.

Таким образом, широко используемые в современном строительстве типовые призматические железобетонные сваи заводского изготовления не в состоянии соответствовать одновременно всем вышеупомянутым требованиям.

Для решения поставленных задач было разработано новое конструктивное решение сборно-монолитной составной сваи для фундаментов с повышенными показателями несущей способности, а также технология возведения фундаментов из этих свай.

Предлагаемая свая (рис.1) состоит из центрального монолитного железобетонного цилиндрического стержня, на котором последовательно закреплены контактирующие между собой лидирующий, промежуточные и головной продольные сборные железобетонные элементы. Каждый продольный элемент (рис.2) представляет собой единое тело, которое может быть выполнено в двух различных модификациях. В первой модификации оно представляет собой усеченный конус с двумя цилиндрами, прикрепленными к его основаниям, во второй- усеченную четырехгранную пирамиду с квадратными основаниями, к которым прикреплены, соответственно, две призмы. Для упрощения восприятия информации, дальнейшее ознакомление с особенностями конструктивного решения предлагаемой составной сваи будет иллюстрироваться на примере её выполнения в первой модификации. Угол наклона образующей конусообразных частей по отношению к центральной оси у всех продольных элементов одинаковый и может задаваться в пределах от 3 до 10°. Все продольные элементы выполнены с соосными цилиндрическими каналами одинакового диаметра, соответствующего диаметру центрального монолитного цилиндрического стержня сваи.

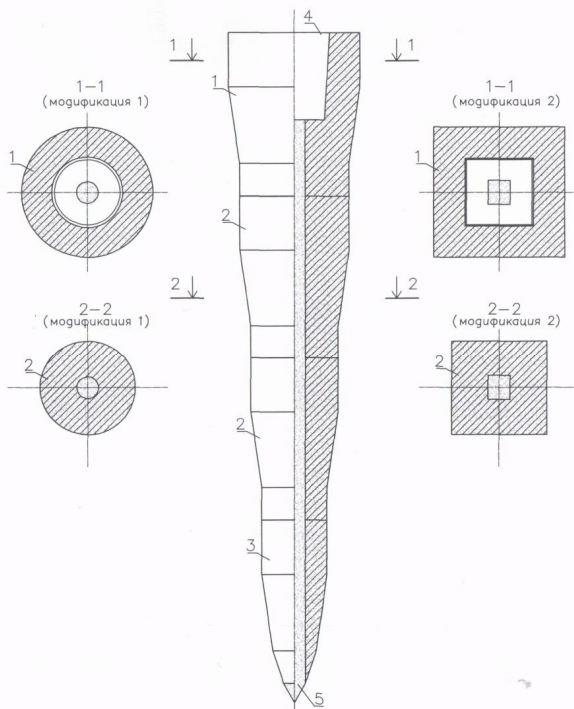


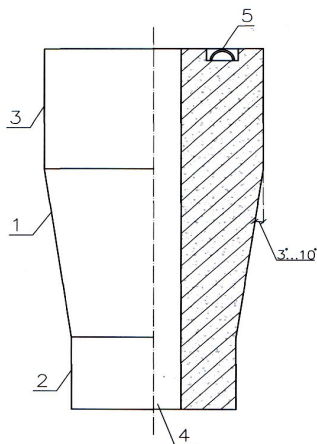
Рис. 1. Сборно-монолитная составная свая:

- 1 – головной элемент; 2 – промежуточный элемент; 3 – лидирующий элемент; 4 – «стакан» для установки колонны;  
5 – центральный монолитный цилиндрический стержень.

Различия продольных элементов заключаются в следующем:

- концевая цилиндрическая часть лидирующего элемента, имеющая меньший диаметр, выполнена заостренной;
- в концевой цилиндрической части головного элемента, имеющей большой диаметр, может быть выполнен «стакан» для установки колонны;
- диаметры цилиндрических частей и оснований конусообразных частей каждого продольного элемента последовательно возрастают по направлению от лидирующего к головному элементу сваи. В то же время, соприкасающиеся между собой цилиндрические части соседних продольных элементов имеют одинаковые диаметры;
- высоты цилиндрических частей всех продольных элементов сваи одинаковые, а высоты конусообразных частей этих элементов последовательно уменьшаются по направлению от лидирующего к головному элементу сваи.

Рис. 2. Промежуточный сборный железобетонный элемент:  
1 – фрагмент элемента в виде усеченного конуса; 2, 3 – то же, в виде цилиндров; 4 – цилиндрический канал; 5 – монтажная петля



При проектировании составной сваи предлагаемого конструктивного исполнения, изменением высоты конусообразной части любого составляющего тело сваи продольного элемента возможно регулирование его объема, что позволяет все продольные элементы сваи выполнять с одинаковым весом. Эта возможность, в свою очередь, обеспечивает получение явных преимуществ при выполнении процесса погружения свай в грунтовое основание, которых нет у типовых сборных железобетонных свай заводского изготовления.

Возведение свайного фундамента предлагаемого конструктивного исполнения производится в технологической последовательности, указанной на рис.3. Первоначально по месту погружения сваи в грунтовом основании пробуривается лидирующая скважина, диаметр которой соответствует диаметру заостренной концевой цилиндрической части лидирующего продольного элемента, а глубина на 0,5 м меньше суммарной высоты всех продольных элементов сваи. Сразу после пробуривания полость скважины заполняется тиксотропной грунтоукрепляющей композицией, например, водоцементной суспензией, которая предотвращает обрушение её стенок. При этом, под действием гидростатического давления, суспензия постепенно проникает в грунт боковых стенок и дна скважины, насыщая его и заполняя воздушные поры между грунтовыми частицами. Затем в скважину на глубину, равную высоте сваи, погружают полый перфорированный стержень, представляющий собой металлическую трубу с конусным наконечником, наружный диаметр которой несколько меньше диаметра цилиндрических каналов продольных элементов сваи (рис.4).

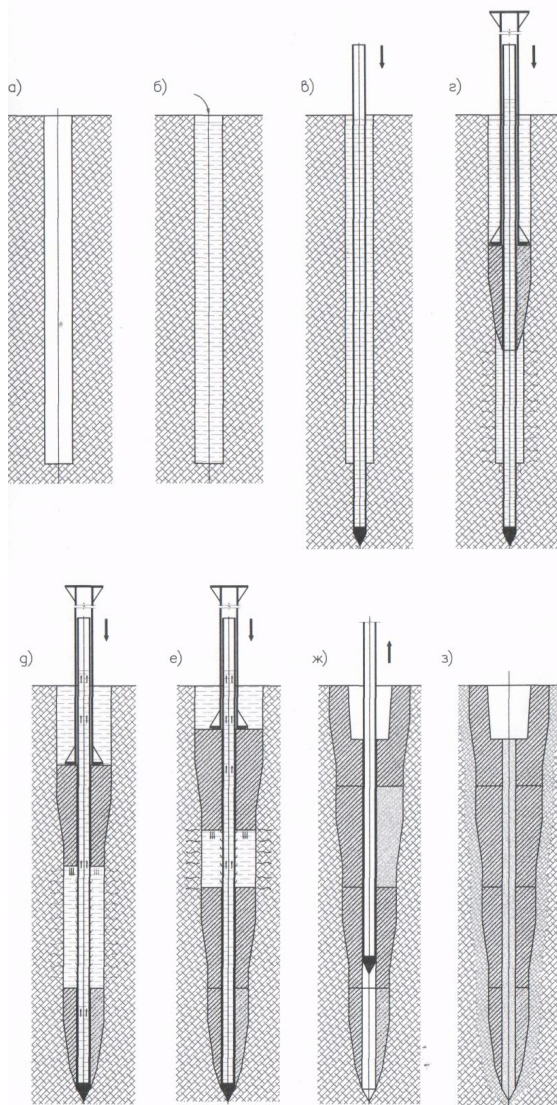


Рис. 3. Технологическая последовательность изготовления свай:  
 а – бурение лидирующей скважины; б – заполнение скважины  
 грунтоукрепляющей композицией; в – погружение в скважину полого  
 перфорированного стержня; г – погружение свайного лидирующего элемента;  
 д, е – то же, свайных промежуточных элементов; ж – извлечение полого  
 перфорированного стержня; з – изготовление железобетонного  
 монолитного стержня свай

Длина перфорированного стержня подбирается таким образом, чтобы верхний конец погруженного в скважину стержня возвышался над поверхностью земли на высоту, превышающую высоту лидирующего продольного элемента сваи, который насаживается на стержень. После этого производится погружение забивкой лидирующего продольного элемента сваи в скважину, при достижении дна которой погружение элемента продолжается уже непосредственно в грунтовое основание до заданной проектной отметки. Погружение лидирующего и всех последующих продольных элементов осуществляется с помощью погружающего приспособления (рис.5), насаживаемого на полый перфорированный стержень сверху погружаемого элемента и передающего ему ударный импульс от свайного молота.

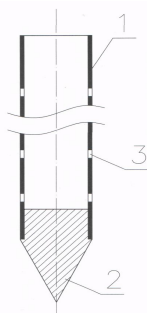


Рис. 4. Полый перфорированный стержень:

- 1 – стенка стержня;
- 2 – конусообразный наконечник;
- 3 – отверстия в стенке стержня

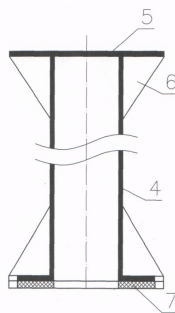


Рис. 5. Погружающее приспособление:

- 4 – металлическая труба; 5 – верхний фланец; 6 – усиливающие ребра;
- 7 – нижний фланец с амортизирующей прокладкой

В процессе погружения лидирующего продольного элемента сваи часть энергии ударных импульсов передается тиксотропной композиции, заполняющей нижерасположенное пространство скважины, создавая в ней повышенное давление (гидравлический удар). Это способствует ускоренному проникновению композиции в грунтовые стенки и дно скважины, увеличивая во всех направлениях толщину пропитанного ею слоя грунта. Вместе с тем, вследствие небольшой проникающей способности грунта, вся тиксотропная композиция, находящаяся под давлением, не успевает перейти в грунт. Часть её через сквозные отверстия в стенках полого стержня попадает в его полость, заполняет её, а затем вытекает через отверстия, расположенные выше погружаемого свайного элемента, в пространство скважины над ним.

После достижения лидирующим продольным элементом проектной отметки, процесс погружения прекращается, погружающее приспособление

собрание из скважины извлекается, на перфорированный стержень насаживается следующий по порядку промежуточный продольный элемент и цикл погружения повторяется. Так продолжается до тех пор, пока все продольные элементы не займут свои места в свайной конструкции. Затем перфорированный стержень из осевого цилиндрического канала в теле сваи извлекается, а в него опускается арматурный каркас, после установки которого полость канала заполняется мелкозернистым бетоном. Изготовление сваи можно считать практически законченным, когда пропитанная композицией грунтовая масса вокруг тела сваи затвердеет, а уложенный бетон наберет заданную прочность.

Предлагаемая сборно-монолитная составная свая по сравнению с типовой призматической железобетонной свайей заводского изготовления при одинаковой массе конструкций обладает повышенной несущей способностью. Это достигается за счет:

- высокой степени уплотнения грунта по боковым поверхностям сваи при неоднократном прохождении погружаемых продольных свайных элементов с постоянно возрастающими диаметрами стволов;
- большой площади наклонных поверхностей конусообразных частей продольных элементов, составляющих тело сваи;
- пропитки тиксотропной грунтоукрепляющей композицией грунтового пространства вокруг тела сваи, которое, после его затвердения, образует единый прочный монолит со свайной конструкцией.

Кроме этого, новое конструктивное решение предлагаемой сваи обеспечивает получение многих дополнительных преимуществ перед типовой призматической железобетонной свайей. Например, по сравнению с трудоемким процессом изготовления на заводе ЖБИ длинномерной типовой сваи, выполняемой, как правило, с предварительно напрягаемой арматурой, процесс изготовления без предварительного напряжения коротких и легких сборных элементов составной сваи, технологически является гораздо более простым.

При проведении работ по погрузке и разгрузке сваи, в теле перемещаемой в горизонтальном положении длинномерной типовой железобетонной сваи возникают ненужные изгибающие и растягивающие напряжения, которые могут стать причиной её поломки даже при выполнении предварительного напряжения арматуры. В аналогичных условиях перемещение сборных элементов составной сваи технологически предусмотрено только в вертикальном положении, что, в сочетании с небольшими размерами и массой элементов, будет являться гарантией их целостности.

Погружение в грунтовое основание длинномерных массивных типовых железобетонных свай возможно только при использовании свайных молотов, обладающих большой энергией удара. Для преодоления возрастающих в процессе забивки сваи сил сопротивления погружению,

необходимо постоянно наращивать величину ударного усилия, что сопровождается увеличением сжимающих напряжений в головной части сваи. Зачастую величины напряжений превышают допустимые значения и это приводит к разрушению бетона головных частей забиваемых свай и их недопогружению до проектной отметки. В таких случаях, как правило, рядом с поврежденной сваем приходится дополнительно забивать дублирующую сваю, что в конечном итоге увеличивает стоимость и продолжительность строительства.

В тоже время, при последовательном погружении небольших легких свайных элементов в заранее пробуренную в грунтовом основании лидирующую скважину, диаметр которой незначительно меньше диаметра погружаемого элемента, а боковые стенки пропитаны жидкой тиксотропной композицией, выполняющей роль смазки, требуется минимальная энергия. В этом случае значения сжимающих напряжений в бетоне конструкций не достигают приводящих к разрушению критических величин и повреждения погружаемых элементов не происходит.

И наконец, конструктивное исполнение предлагаемой составной сваи позволяет в достаточно широком диапазоне регулировать показатель её несущей способности простым изменением количества одинаковых по массе погружаемых продольных элементов. При этом, выполнение различных по своим размерам, массе и несущей способности свайных конструкций возможно производить по приведенной ранее технологии с использованием любых свайных молотов, технические параметры которых достаточны для погружения отдельного продольного элемента составной сваи.

Вывод: по сравнению с типовой призматической сборной железобетонной сваем предлагаемая составная свая при одинаковой массе конструкций обладает следующими преимуществами:

- на стадии изготовления конструктивных элементов – большей технологичностью, меньшим процентом армирования, отсутствием необходимости выполнения предварительного напряжения арматуры;
- на стадии возведения фундамента – возможностью выполнения работ по изготовлению свайных конструкций больших размеров и масс с использованием малоомощного сваебойного оборудования;
- на стадии эксплуатации сооружения – обеспечение повышенной несущей способности свайного фундамента.