

*Кравцов Владимир Николаевич, кандидат технических наук,
РУП «Институт БелНИИС», Минск, Беларусь*

Забивные сваи рационального поперечного сечения

Driven piles of rational cross-section

Разработаны и исследованы ресурсосберегающие конструкции рациональных забивных свай на базе стандартных свай типовой номенклатуры, технологий и форм для их изготовления, обеспечивающие снижение стоимости, трудоемкости и железобетона до 50%.

Resource-saving constructions of rational driven piles were developed and researched. Using basic piles of typical nomenclature, technology and forms for manufacturing provides reduction of cost, labor intensity and reinforced concrete up to 50%.

Практика отечественного и зарубежного фундаментостроения показывает, что в современных условиях строительства свайные фундаменты являются наиболее прогрессивными решениями, обеспечивающими требуемый уровень индустриализации и комплексной механизации работ нулевого цикла при их высоком качестве [1, 2]. При этом основной объем внедрения (до 80%) в массовом строительстве приходится на забивные железобетонные сваи типовой номенклатуры призматические и пирамидальные сплошного квадратного поперечного сечения.

Однако они достаточно материалоемки и трудоемки при изготовлении и не удовлетворяют современным требованиям по эффективности. Для устранения этих недостатков в РУП «Институт БелНИИС» осуществлена их модернизация. Так, забивные сваи предложено выполнять с продольными выемками и средним участком таврового, двутаврового зубчатого и др. поперечных сечений (рис. 1). Выемки образуются за счет вкладышей, устанавливаемых в опалубку типовых свай. Для фиксированной передачи нагрузки на основание и уплотнения грунта верхней зоны в оголовке пирамидальных свай предусмотрены наклонные под углом α к горизонту опорные

300

плоскости (рис. 1д). Аналогичные уклоны стенок полостей, для за-
земления грунта, предусмотрены по длине выемок пирамидальных
свай (рис. 1 ж).

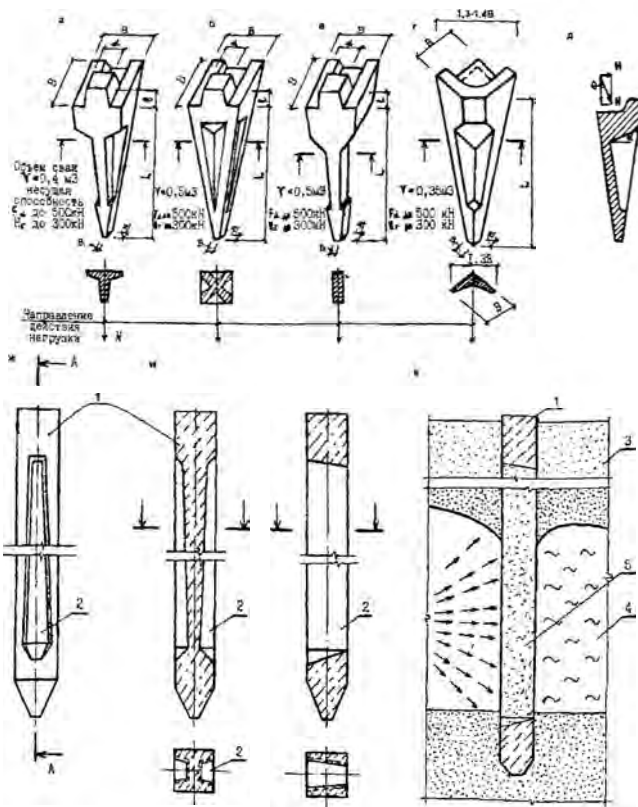


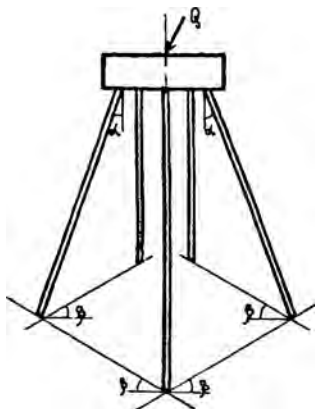
Рис. 1. Конструкции забивных свай рационального поперечного сечения,
изготавливаемых в опалубке типовых свай сплошного поперечного сечения
установкой вкладышей. Пирамидальные:

а – тавровая; б – крестообразная; в – бипирамидальная; г – угловая; д – расчетная
схема пирамидальной сваи с полостями; ж – призматическая с продольной
пирамидальной полостью; и – то же. варианты продольных и поперечных сечений
(с корытообразным и сквозными полостями); к – принцип использования свай со
сквозной полостью в качестве «свай-дрены»; 1 – ствол стандартной сваи; 2 – паз
или сквозная полость, образованная установкой вкладыша; 3 – верхний песчаный
(намывной слой); 4 – подстилающий водонасыщенный слой; 5 – дренирующее
ядро из песка, прорезаемого слоя 3

Наличие вырезов облегчает погружение свай и снижает его энергоемкость на 20%, материалоемкость до 50% без снижения несущей способности F_d по сравнению с аналогичными сваями сплошного сечения. Это происходит за счет увеличения площади контакта с грунтом и образования грунтового ядра, достраивающего поперечное сечение сваи до полного объема сплошной сваи.

Для оснований со слабым подстилающим слоем предложены: комбинированная забивная свая-дрена и кустовой фундамент из свай переменной длины по глубине и наклонной подошвой ростверка (рис. 2).

а



б

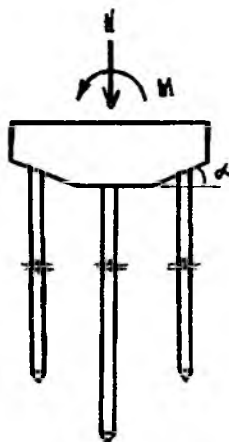


Рис. 2. Рациональные кустовые свайные (свайно-плитные) фундаменты: а – с переменной длиной сваи по глубине; б – то же, с наклонной подошвой ростверка

В кустовом фундаменте (рис. 2а) сваи располагаются с убыванием глубины погружения к периметру ростверка. Такое расположение свай позволяет избежать пересечения эпюр давления и связанного с этим кустового эффекта, приблизить работу каждой сваи в кусте к работе одиночной, уменьшить давление от фундамента на слабый подстилающий слой и включить в работу ростверк, превратив свайный фундамент в свайно-плитный. Конусное расположение свай увеличивает площадь подошвы фундамента и несущий объем

грунта под ним при одновременном сокращении зоны деформации ниже плоскости торцов свай.

Более полное использование несущей способности каждой отдельной сваи и ростверка компенсирует уменьшение их длины. В рассматриваемом случае снижение трудоемкости, материалоемкости и энергоемкости достигает 30%. При значительных горизонтальных и моментных нагрузках ростверк кустовых фундаментов устраивается с наклонными подошвой или крайними сваями. Это дополнительно снижает материалоемкость фундаментов до 30%.

Описанные выше конструкции свай и фундаментов достаточно эффективно учитывают особенности оснований, в том числе «слабых» обводненных, где они могут применяться, как конструкции совмещающие в себе функции несущего элемента и дрены (рис. 1к). Забивная свая-дрена включает ствол с верхним и нижним участками постоянного (сплошного) поперечного сечения и расположенным между ними участком с продольными пазами (в том числе сквозными), сужающимися к верхнему торцу сваи и являющимися формой для песчаной дрены (рис. 1 ж, и, к).

В качестве ствола могут использоваться сваи типовой номенклатуры по ГОСТ 19804.0. Пазы в таких сваях устраиваются с помощью вкладышей, предварительно установленных в опалубку перед их изготовлением.

Дрена формируется в пазах автоматически из песка (в т.ч. намывного), залегающего с поверхности, в процессе погружения в него забивной сваи. Песок под воздействием сил отпора грунта заполняет пазы, заклинивается там, благодаря обратному наклону стенок полостей и уносится свай в подстилающий слабый водонасыщенный слой.

Для проверки теоретических предпосылок и данных модельных исследований выполнены натурные испытания опытных свай.

Для подтверждения эффективности предложенных решений ниже приведены результаты испытаний пирамидальных свай таврового поперечного сечения.

Опытные тавровые сваи изготовлены по рабочим чертежам РУП «Институт БелНИИС» на Гомельском ССК в металлической опалубке типовой пирамидальной сваи марки СПК 3.80.70 установкой в нее металлических вкладышей. Рабочее армирование из арматурной стали $\varnothing 16$ и 22 мм класса S400 (AII) по ГОСТ 5781-82. Прочность

бетона после пропаривания соответствовала классу бетона на сжатие С12/15 (В15). Контрольные нагрузки приняты равными максимальным нагрузкам от рам сельскохозяйственных производственных зданий пролетом 21 м по серии 1.822.1-2, с коэффициентом $C=1,6$.

Для контрольных испытаний было отобрано 4 сваи: две для испытаний по материалу и две для испытаний по грунту. Для сравнения по грунту испытывалась также одна типовая пирамидальная свая сплошного сечения СПК 3.80.70, изготовленная в той же опалубке.

Испытания по материалу производились сосредоточенной наклонной нагрузкой на специальном стенде конструкции РУП «Институт БелНИИС». Угол наклона контрольной нагрузки α принимался равным максимальному углу наклона равнодействующей внешних сил N , передаваемой на сваю от рамного каркаса, что соответствует $\alpha = 30-33^\circ$.

Результаты испытаний тавровых свай по материалу даны в табл. 1 и на рис. 3 и 4.

Таблица 1

Результаты испытаний опытных свай на прочность и жесткость

Но- мер сваи	Теоре- тическая разру- шающая нагрузка R_t , кН	Фактиче- ская раз- рушаю- щая на- грузка R_f , кН	Отноше- ние $\frac{R_t}{R_f}$	Прогиб		Харак- тер раз- руше- ний
				Мак- сималь- ный, мм	Отно- ситель- ный	
3	$\frac{800}{442}$	$\frac{900}{600}$	$\frac{1,125}{1,35}$	12,4	$\frac{1}{242}$	Раздроб- ление бетона сжатой зоны острия
	$\frac{800}{442}$	$\frac{850}{600}$	$\frac{1,06}{1,35}$		$\frac{1}{240}$	

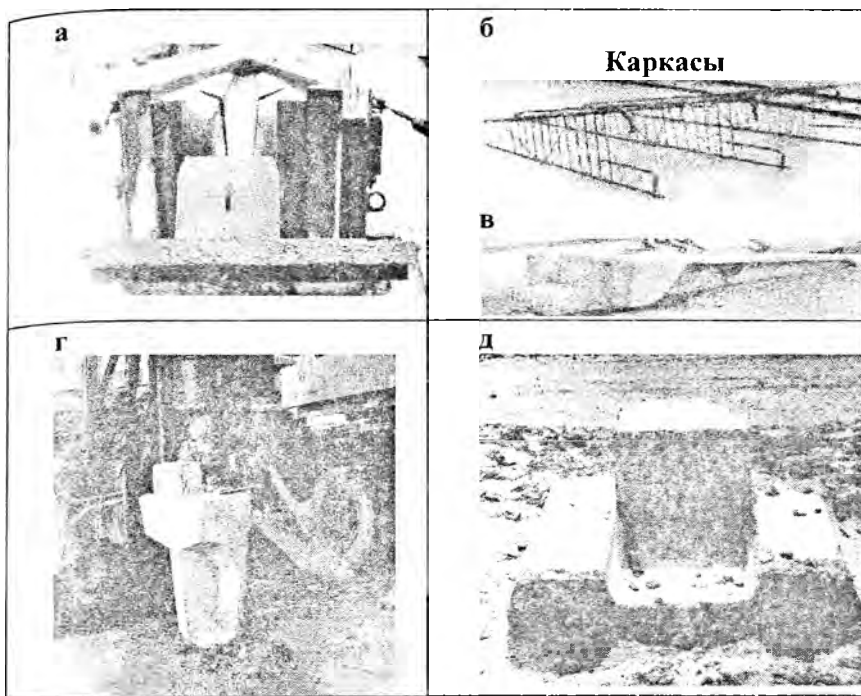


Рис. 3. Изготовление опытных свай:

а – стандартная форма для изготовления пирамидальных свай марки СПК 3.80.70 с установленными в нее вкладышами для изготовления свай с полостями таврового сечения; б – арматурный каркас; в – общий вид готовой пирамидальной свай таврового сечения; г – процесс погружения свай таврового сечения на опытной площадке; д – общий вид погруженной свай

Несущая способность опытных свай по грунту определена при допустимых осадках $S = 80,2 = 1,6$ см и горизонтальном перемещении $u = 1$ см.

Опытная площадка представлена слоистым основанием (сверху вниз, см. рис. 4): **1** насыпной песок в верхней зоне (0,5 м) средней крупности плотный (укатанный) и рыхлый в нижней зоне (0,6 м); **2** почва (0,15 м): **3** песок средней крупности и плотности с гумусированными остатками (до 0,4 м); **4** далее песок средней крупности и плотности.

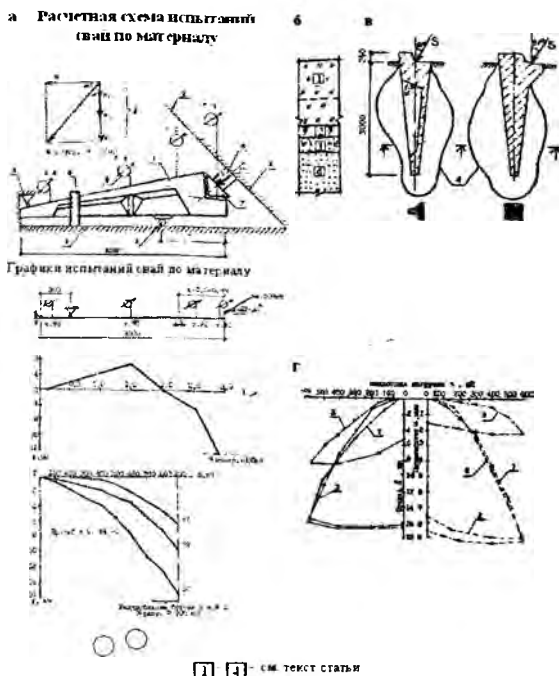


Рис. 4. Результаты испытания опытных пирамидальных свай таврового сечения: а – расчетная схема и графики испытания свай по материалу; б – геологическая колонка основания свай на опытной площадке; в – конструкция и схема испытания опытной и контрольной пирамидальных свай таврового и сплошного сечений; г – графики испытаний свай по грунту

Все сваи погружены в грунт дизельмолотом. Количество ударов при забивке составило: для тавровых свай – 89 (№ 1) и 60 (№ 2); для типовой СПК 3.80.70-100 (№ 3). Оборудование, приборы и методика испытаний соответствовали требованиям ГОСТ 5686-94. Нагрузка прикладывалась к свае под углом 31° . Упором для домкрата служила грузовая платформа, загруженная блоками массой 85 т. После испытаний одна из свай была откопана с послойным определением плотности и влажности грунта в деформируемой зоне основания.

Результаты испытаний приведены на рис. 3, 4.

В процессе исследования установлено, что забивные пирамидальные сваи таврового поперечного сечения при меньшем объеме, чем у сплошных пирамидальных свай ($0,37 < 0,7 \text{ м}^3$) не уступают

последним по несущей способности грунта основания и удовлетворяют всем требованиям норм по жесткости, трещиностойкости и прочности.

Указанный эффект достигается за счет увеличения зоны и степени уплотнения грунта в месте фиксированной передачи нагрузки (наклонная плоскость) уменьшения эксцентриситета приложения нагрузки и рационального распределения напряжений по длине свай.

Экономия бетона и приведенных затрат достигает 50% по сравнению с заменяемыми сваями марки СПК 3.80.70.

Аналогичные исследования выполнены для призматических свай.

На разработанные конструкции свай и фундаменты получены а.с.СССР NN 1011779А, 1675500А1; 1806247А3; 1670040А1; патенты Республики Беларусь N 427, и №1852 С1 разработаны рабочие чертежи, рекомендации и ТУ 223 на изготовление и устройство свай.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ганичев, И.А. Устройство искусственных оснований и фундаментов / И.А. Ганичев. – Изд. 3-е, перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1981. – 450 с.
2. Кравцов, В.Н. Пути повышения эффективности фундаментостроения в условиях Беларуси / В.Н. Кравцов // Архитектура и строительство. – 2005. – №6. – С. 120–123.