

Таблица 2. Значения высоты отскока металлических шаров  $h$  с высоты падения  $H$  от бетонных поверхностей.

Высота падения $H$ , м	Высота отскока $h$ , м			
	$h_1$	$h_2$	$h_3$	$h_{cp}$
3	1,2	1,1	1,3	1,2
	1,1	1,1	0,9	1,03
2,5	1,0	0,9	1,1	1,0
	1,05	1,01	0,8	0,95
2	0,8	0,7	0,75	0,75
	0,75	1	0,8	0,85
1,5	0,7	0,4	0,6	0,57
	0,7	0,6	0,8	0,7
1	0,5	0,4	0,35	0,38
	0,5	0,4	0,5	0,47
0,5	0,2	0,25	0,15	0,2
	0,15	0,1	0,2	0,15

Часть результатов исследований высоты отскока шаров  $h$  от бетонных поверхностей с высоты падения  $H$  представлена в таблице 2.

По результатам исследований построены графики зависимостей  $\mu = f\left(\frac{h}{H}\right)$ , показанных на рис. 1.

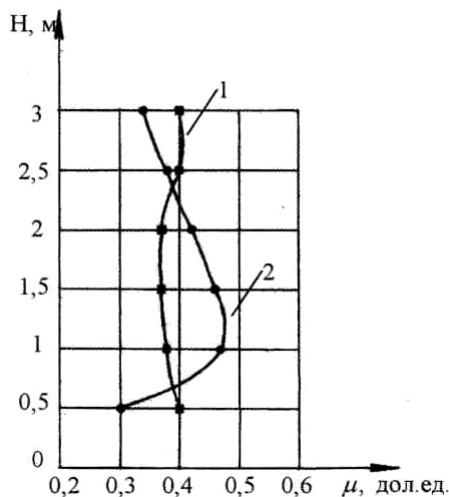


Рис. 1. Графики зависимостей коэффициента отскока  $\mu$  металлических шаров массой 50г (1) и 5г (2) от бетонной поверхности.

Как видно наиболее реальными значениями коэффициента отскока  $\mu$  для обеих кривых при высоте падения металличе-

ских шаров от бетонной поверхности с высоты  $H = 0,5 \dots 3,0$  м являются  $\mu = 0,3-0,4$ .

Таким образом, результаты значений величины отскока забивных свай при погружении в грунт, полученных по формулам (1), (2), примерно одинаковы, но формула (2) является более простой в использовании.

В проведении экспериментальных исследований принимала участие доц. Сташевская Н.А.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. СниП 3.02.01 – 87. Земляные сооружения, основания и фундаменты. – М., Стройиздат, 1988. – 124 с.
2. Чернюк В.П., Щербач В.П., Пчелин В.Н. Определение величины отскока забивной сваи при погружении в грунт. //Вестник Брестского государственного технического университета №1. Строительство и архитектура. Научно-технический журнал. – Брест, 2002. – с. 127 – 129.
3. Чернюк В.П., Пчелин В.Н., Ивасюк П.П. Определение величины отскока забивных свай с использованием для погружения обмазок, паст и синтетических смол //Перспективы развития новых технологий в строительстве и подготовке кадров Республики Беларусь. Сборник трудов VII Международного научно-методического семинара. – Брест, 2001. – с. 504 – 507.
4. Крегин А.С., Чернюк В.П., Шведовский П.В., Мальцев Л.Т., Мальцева Н.А. Ресурсосберегающие фундаменты на сельских стройках. – Кишинев, Карта Молдов., 1990, 248 с.
5. Чернюк В.П., Пойта П.С. Расчет, проектирование и устройство свайных фундаментов. – Брест, облтипография, 1998. – 216 с.

УДК 624.155

Юськович Г.И., Юськович В.И., Тимошук В.А.

## ЭНЕРГОЭКОНОМНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ УСТРОЙСТВА НАБИВНЫХ СВАЙ

В практике возведения свайных фундаментов устройство набивных свай производят как в буровых, так и в продавленных скважинах. Повышение несущей способности таких свай в зависимости от грунтовых и гидрологических условий вы-

полняется конструктивными и технологическими приемами, которые в ряде случаев требуют увеличения энергетических, трудовых и материальных затрат.

При устройстве буронабивных свай в достаточно плотных

Юськович Георгий Иванович. К.т.н., доцент каф. технологии строительного производства Брестского государственного технического университета.

Юськович Виталий Иванович. К.т.н., доцент каф. технологии строительного производства Брестского государственного технического университета.

Беларусь, БГТУ, 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.

Строительство и архитектура

грунтах образуют уширенную пяту в забое скважины, применяя уширители пантографного типа [1].

Конструкция уширителей с грунтоборником металлоемка, требует заводской технологии изготовления, а также дополнительного технологического оборудования для приведения уширителя во вращательное движение. Энергетические и трудовые затраты увеличиваются необходимостью периодического подъема и опорожнения грунтоборника на дневной поверхности.

С целью повышения несущей способности набивной сваи по грунту основания уширенная пята в забое скважины известными методами образуется путем трамбования инертных материалов, а также бетонной смеси механическими уплотнителями, приводящими к быстрому износу основных узлов грузоподъемных механизмов [1]. При этом несущая способность свай не подлежит точной оценке.

Известны технологии устройства набивных свай с теряемыми башмаками, которые играют роль дополнительного наконечника [1]. Механизм пробивки скважины не улучшает показателей несущей и эксплуатационной способности сваи при дополнительных затратах металла, а также трудовых затрат.

Возможно применение устройства, позволяющего не только увеличить несущую способность сваи за счет увеличения опорной поверхности, но и при этом снизить затраты на производство работ.

В качестве уширителя могут быть использованы L-образные кольцевые или плоские элементы с обушковой и ножевой частями, угол сопряжения между которыми составляет  $90^\circ$ . L-образные элементы при погружении в скважину соединяют легко разрываемым материалом, например, проволокой [2].

После образования скважины в нее опускают уширитель (рис. 1). Уширитель состоит из L-образных кольцевых или плоских элементов с обушковой и ножевой частями.

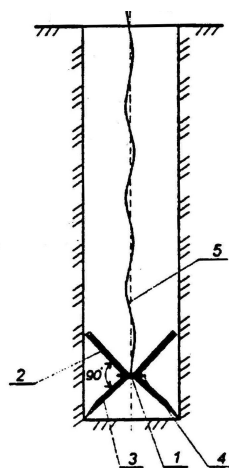


Рис.1. Установка уширителя в скважину

1 – уширитель; 2 – обушковая часть уширителя; 3 – ножевая часть уширителя; 4 – легкоразрывной материал (проволока); 5 – канат.

После погружения L-образных элементов в проектное положение в скважину устанавливают шток, забивкой которого производят внедрение ножевого элемента уширителя в грунт по боковым сторонам скважины (рис. 2).

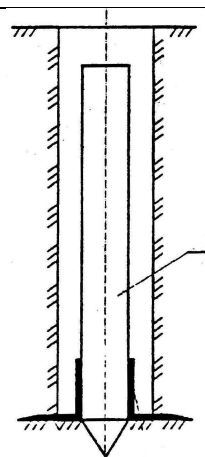


Рис. 2. Внедрение уширителя в стенки скважины штоком  
1 – шток.

Технологический процесс заканчивается извлечением штока из скважины, установкой арматурных каркасов и укладкой бетонной смеси в скважину известными методами (рис. 3).

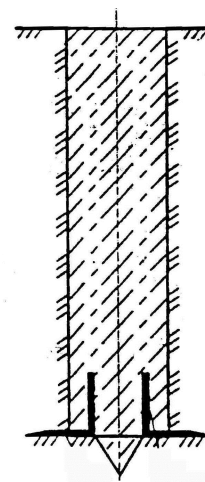


Рис. 3. Готовая набивная свая.

Совместная работа уширителя с телом сваи обеспечивается за счет заполнения лопастей между обушковой и ножевой частями уширителя бетонной смесью.

По сравнению с известными способами изготовления набивных свай предлагаемый метод не требует применения специальных средств механизации, допускает возможность производства работ в любой период времени. При этом снижается энергоемкость, трудоемкость, объемы и продолжительность производства работ.

Предложенная технология устройства уширения наконечника свай предусматривает не только снижение энергетических затрат на их возведение, но и совершенствование методики расчета несущей способности по грунту основания. Известные методы расчета учитывают факторы изменения механических свойств грунта при образовании камуфлетной пяты. Внедрение в грунт дополнительных элементов может не нарушать естественной структуры грунта под основанием сваи, но улучшать его физико-механические свойства при одновременном увеличении несущей способности сваи, что требует теоретических и экспериментальных исследований.

Несущая способность набивной и буровой свай с уширением и без уширения, работающих на сжимающую нагрузку, определяется по выражению [4]:

Таблица 1. Несущая способность свай

№ п/п	Наименование параметров	Несущая способность свай, МН (тс)		
		свая №1	свая №2	свая №3
1	2	3	4	5
1.	Коэффициент условий работы свай ( $\gamma_c, \gamma_{cI}$ ), дол.ед. [4]	1,0	1,0	1,0
2.	Коэффициент условий работы грунта под нижним концом сваи ( $\gamma_{cR}$ ), дол.ед. [4]	1,0	1,3	1,3
3.	Расчетное сопротивление грунта под нижним концом сваи (R), МПа [5]	1,0	1,0	1,0
4.	Площадь опирания на грунт пяты сваи (A), м <sup>2</sup>	0,03	0,06	0,07
5.	Коэффициент условий работы грунта на боковой поверхности сваи ( $\gamma_{cf}$ ), дол.ед. [4]	1,0	1,0	1,0
6.	Наружный периметр поперечного сечения сваи (U), м	0,628	0,628	0,628
7.	Расчетное сопротивление <i>i</i> -того слоя грунта основания на боковой поверхности сваи ( $f_i$ ), МПа [5]	32	32	32
8.	Толщина <i>i</i> -того слоя грунта, соприкасающегося с боковой поверхностью сваи ( $h_i, l_i$ ), м	0,75	0,75	0,75
9.	Несущая способность свай, МПа	2,54	5,1	5,8

Примечания:

1. Свая №1 – свая в буровой скважине без увеличения тела сваи в забое.
2. Свая №2 – свая с вытрамбованной пятой ( $d=200$  мм).
3. Свая №3 – экспериментальная свая с раскрывающимися лопастями.

$$F_{\alpha} = \gamma_c \left( \gamma_{cR} R \cdot A + U \sum_{i=1}^n \gamma_{cf} f_i \cdot h_i \right). \quad (1)$$

Расчетную несущую способность сваи в буровых скважинах с уплотненным забоем и вытрамбованной пятой, работающих на осевую сжимающую нагрузку следует определять по формуле [5]:

$$F_{uv} = \gamma_{cr1} \left( \gamma_{cR} R \cdot A + \gamma_{cf} U \sum_{i=1}^n f_i \cdot l_i \right). \quad (2)$$

Значения параметров в формулах (1, 2) и результаты вычислений несущей способности набивных свай без уширения нижнего конца свай, с вытрамбованием уширением и уширением предлагаемым способом приведены в таблице 1.

В представленных в табл. 1 результатах расчетов несущей способности сваи по грунту основания при предлагаемом способе учитывается недостаточное уплотнение грунта под основанием раскрывающихся опорных лопастей уширения набивной сваи, что приводит к снижению несущей способности сваи. При принятых мероприятиях по дополнительному уплотнению грунтового основания можно предположить значительное увеличение несущей способности сваи по грунту основания. Возможна жесткая фиксация лопастей по окончании их раскрытия и дальнейшее воздействие на грунт ударных нагрузок. В этом случае зона уплотненного грунта будет значительно шире по сравнению с образованием уширенной пяты при ее вытрамбовании в буровых и выштампованных скважинах, что позволит при разнообразных размерах буровых и пробивных скважин и физико-механических характеристиках грунта привести к существенному снижению энергетических затрат на устройство сваи.

Образование уширенной пяты во всех случаях устройства набивных свай связано с усложнением технологии производства работ, их удорожанием и недостаточно предсказуемым эффектом повышения несущей способности по грунту основания.

Предварительно запроектированные параметры уширенного ядра, в отличие от камуфлетного взрыва и выштампования,

могут быть рационально востребованы в практике проектирования свайных фундаментов.

Разработка направлений и методов расчета свайных фундаментов с нетрадиционными способами устройства и конструктивными особенностями позволяет повысить технико-экономические показатели производства свайных работ.

Традиционные методы расчета несущей способности набивных свай [4, 5] предполагают бетонирование либо засыпку инертным материалом скважины того или иного типа (буровой, набивной, комбинированной) и требуют совершенствования, так как качество их изготовления не в полной мере соответствует требованиям СНиП и СНБ.

Инженерные разработки в этой области предполагают введение соответствующих коррективных предложений. Изменения в расчетах несущей способности свай по грунту основания в связи с изменением их конструктивных исполнений следует решать в комплексе с технологичностью их изготовления и способами устройства.

Экспериментальные исследования натуральных свай диаметром 100 мм, при расположении забоя на глубине 2,0 м показали, что их несущая способность на 5...10% выше расчетной. При уплотнении бетонной смеси методом трамбования боковая поверхность сваи имеет волновой (гофрированный) профиль. Цементный раствор при трамбовании бетонной смеси проникает в массив грунта и объединяет его с телом сваи, что обуславливает повышение ее несущей способности.

Исследования проводились в мягкопластичных суглинистых грунтах с применением буровой установки на базе трактора «Беларусь». Методика испытаний соответствует требованиям [5].

Устроенная по предлагаемой технологии свая обладает повышенной несущей способностью по грунту основания, технологичностью изготовления и позволяет сократить затраты труда, продолжительность и стоимость производства работ.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Штоль Т.М. и др. Технология возведения подземной части зданий и сооружений: Учеб. пособие для вузов: Спец.:

- "Пром. и гражд. стр-во" / Т.М.Штоль, В.И.Теличенко, В.И.Феклин. – М.: Стройиздат, 1990. – 288 с.
2. Патент Республики Беларусь № 4543 / Способ возведения набивной сваи / Чернюк В.П.; Юськович Г.И.; Желткович А.Е.. – Мн.: Комитет по науке при СМ РБ, 2002 г. – 3 с.
  3. Чернюк В.П., Юськович Г.И., Желткович А.Е. Способ возведения набивной сваи. – Мн.: Комитет по науке при СМ РБ, 2002. – 3с.

4. СНиП 2.02.03-85. Свайные фундаменты / Госстрой СССР, 1986. – 48 с.
5. Пособие 2-95 к СНиП 2.02.03-85. Проектирование и устройство фундаментов из свай набивных с уплотненным основанием. – Минстройархитектуры РБ, 1996. – 102 с.

УДК 624.155, 1.001.24

**Юськович Г.И., Юськович В.И., Тимошук В.А., Волкова С.В.**

## ТЕХНОЛОГИЯ ЗАБИВКИ СВАЙ С ОБМАЗКАМИ

В Белорусском регионе, для которого характерны заторфованные, илистые, водонасыщенные песчаные и глинистые грунты, а также грунты техногенного происхождения, широко применяются фундаменты из забивных свай. Затраты на погружение свай при их массовом применении могут быть снижены за счет сокращения энергетических и трудовых затрат.

Традиционные методы погружения свай заводского изготовления не в полной мере отвечают технологическим и экономическим требованиям. Ориентация на применение набивных свай, технология устройства которых требует разработки новых технологий и конструктивных решений, должна вестись по мере совершенствования известных технологий погружения забивных свай. Массовое применение забивных свай в свайном фундаментостроении предполагает создание более совершенных технологий погружения и рациональных конструкций свай.

Известные способы забивки свай обеспечены разработанной и опробованной в практике строительства технологией и механизацией производства работ. Совершенствование технологических приемов и создание механизмов, позволяющих повысить эффективность забивки свай при их широком применении, в настоящее время имеет большое значение. Способы погружения свай и применяемое оборудование подробно описаны в [1, 2].

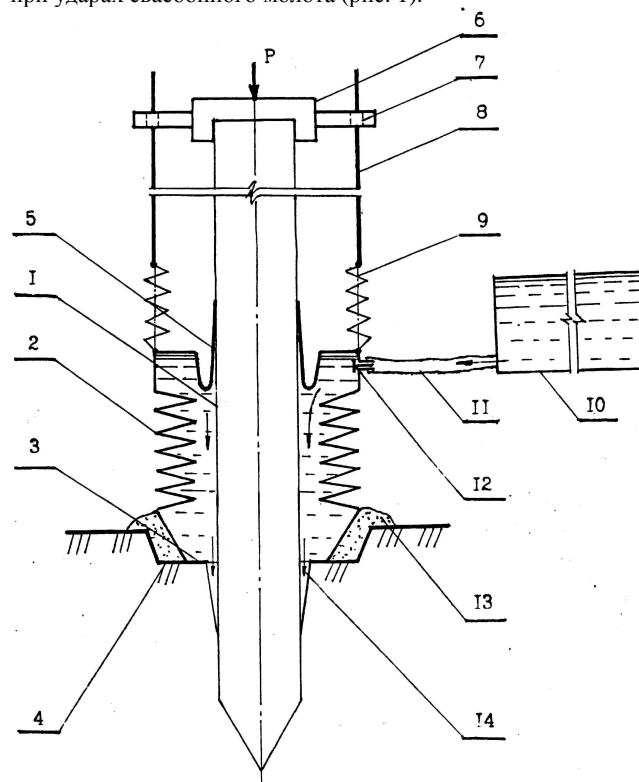
Одним из направлений снижения энергоемкости погружения свай с одновременным увеличением их несущей способности по грунту основания является применение обмазок, в качестве которых могут быть использованы вода, растворы – глинистые, солей металлов, смолы. Не менее важную роль следует отвести соответствующим отходам промышленного производства, дешевым и требующим утилизации. Такие материалы, не обладающие вредными для человека воздействиями (например, радиоактивностью, материалы, не поддающиеся длительному времени разложению и загрязняющие экологическую среду и т.п.) и требующие захоронения, могут быть востребованы в строительном производстве. При этом не возникает необходимость в регенерации материалов и изменении конструктивных решений готовых свай.

Исследование свойств материалов в качестве обмазок погружаемых свай и разработка рациональных способов нанесения обмазочных составов на боковую поверхность свай приводит к повышению эффективности погружения свай.

Известные методы нанесения обмазочных составов трудоемки, требуют обязательного подвода электроэнергии, наличия дорогостоящего оборудования и соответствующего обслуживающего персонала, не обеспечивают равномерную подачу обмазочного состава к поверхности сваи и его экономного расхода, а также в ряде случаев не дают ожидаемого эффекта.

Наблюдения за процессом забивки свай показали, что в процессе погружения образуются и временно сохраняются вокруг сваи полости, глубина которых достигает 2,0 м, ширина 15...20 мм, а в отдельных случаях – 50 мм у поверхности грунта [3, 4]. Подача обмазывающего состава под импульсным давлением в образующуюся полость позволит обеспечить качественную обмазку граней сваи по мере ее погружения при рациональном расходе нагнетаемого материала с одновременным проникновением его в грунт.

Инвентарная установка для реализации предлагаемого метода погружения свай может быть выполнена в виде емкости с гофрированными стенками, которая циклично сжимается при ударах сваебойного молота (рис. 1).



**Рис. 1.** Схема инвентарной установки для забивки свай с обмазками.

1 – свая; 2 – рабочий орган; 3 – нижнее основание рабочего органа; 4 – приямок; 5 – герметизирующее устройство; 6 – наголовник; 7 – фиксирующее устройство; 8 – штанга; 9 – упругий элемент (пружина); 10 – емкость с обмазочным материалом; 11 – шланг; 12 – клапан; 13 – обваловка грунтом; 14 – щель.

**Волкова Светлана Владимировна.** Инженер.  
Беларусь, БГТУ, 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.