

# Технология и организация строительного производства

УДК 624.131

DOI: 10.14529/build160103

## КОМПЛЕКСНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ОСНОВАНИЯ ВЗРЫВОФУГАСНЫХ СВАЙ

**Л.М. Борозенец**

*Тольяттинский государственный университет, г. Тольятти*

Рассмотрены данные комплексного исследования несущей способности основания по боковой поверхности ствола взрывофугасной сваи, и кроме того, сваи с грунтоуплотненным конусом; выявлены особенности взаимодействия бетонной смеси в процессе укладки и твердения ее в скважине, а также бетонного ствола сваи под нагрузкой с окружающей сваю взрывофугасно-грунтоуплотненным основанием; представлен метод расчета несущей способности боковой поверхности ствола взрывофугасной сваи и определения несущей способности сваи с грунтоуплотненным круговым конусом.

*Ключевые слова:* основание, несущая способность, взрывофугасная свая, ствол, боковая поверхность, конус, нижний конец, грунтовытеснение, грунтоуплотнение, грунт, мессдоза, нагрузка.

### Введение

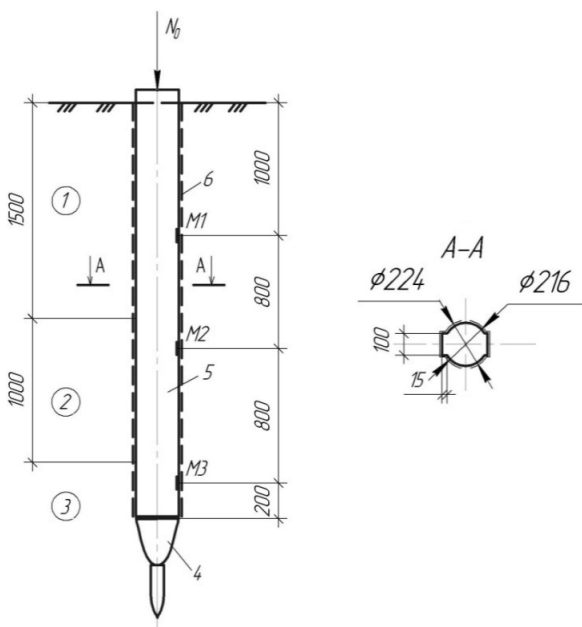
Конструкции свай, изготовленных в грунтовытесненных управляемым действием энергии продуктов взрыва и скважинообразователем скважинах относятся к взрывофугасным [1]. Грунт из объема скважины вытесняется полностью в стороны грунтового массива с одновременным формированием грунтоуплотненного основания сваи. Взрывофугасные сваи являются новым видом свай, поэтому не обеспечены достаточным объективным научным обоснованием. Поэтому создание объективного научного обоснования расчетного определения несущей способности оснований взрывофугасных свай являются актуальной проблемой и задачей настоящего исследования. Целью исследования является разработка методики инженерных расчетов несущей способности только боковой поверхности ствола сваи и боковой поверхности ствола сваи с грунтоуплотненным конусом. Экспериментальные исследования проводились на площадке с грунтовыми условиями, представленными мощным слоем элювиальных суглинков полутвердой консистенции. Испытывались в полевых условиях опытные взрывофугасные сваи В-9 длиной 2,8 м и В-2 длиной 3,24 м, диаметром 216 мм [2]. Для выключения из работы нижнего конца сваи В-9 под ним предусматривалась полость. После тщательного замера глубины скважины в ней на стержень опускался жестко фиксируемый металлический диск диаметром 210 мм, поверх которого закреплялась резиновая диафрагма диаметром 240 мм. Такая конструкция исключала попадание бетонной смеси в полость под

нижним концом сваи. Радиальное давление по контуру сваи при ее изготовлении и загрузке изменялось с помощью тензорезисторных преобразователей давлений типа ПДП-70/П конструкции ЦНИИСК, тарировка которых выполнялась дважды – до установки в скважины и после откопки сваи по окончании испытаний. Фиксация по высоте и обеспечение контакта мессдоз с грунтом осуществлялась специальными приспособлениями, устанавливаемыми в штрабах, выполненных на противоположных сторонах скважин по длине свай путем срезки части грунта со стенок шаблоном в виде кольца с ножами. Установка мессдоз выполнялась в кондукторах, состоящих из металлических пластин – держателя и упора, соединенных между собой стержнями на шарнирах. Мессдозы были установлены на глубинах 1 м; 1,8 м; 2,6 м. Скважина после ее подготовки заполнялась свободным сбросом бетонной смеси с осадкой конуса 14 см. Статические испытания свай выполнялись по ГОСТ 5686-78\* гидравлическим домкратом с упором в грузовую платформу, с построением графиков зависимости осадок от нагрузок взрывофугасных свай.

### Давление грунта на боковую поверхность ствола взрывофугасной сваи

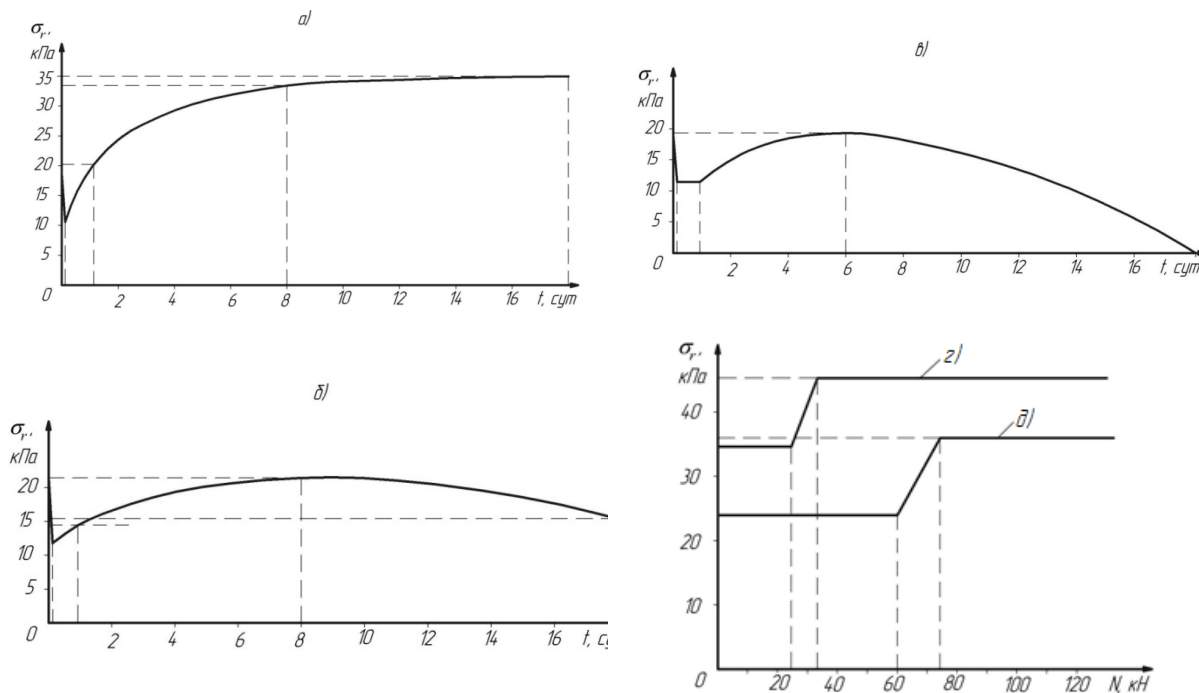
В качестве опытной сваи рассматривается взрывофугасная свая В-9. Схема сваи показана на рис. 1. Давления, наблюдаемые по мессдозам, сразу же после укладки бетонной смеси составили соответственно по глубинам измерения 18,7 кПа, 18,4 кПа, 18,2 кПа. После этого в течение одного часа давление снижалось и выравнивалось соответ-

ственно до 11,5 кПа, 12,4 кПа и 12,1 кПа. Это давление вызывается распором, в первом случае – свежееуложенной бетонной смеси на стенки скважины; во втором случае – удельным давлением скелета инертного заполнителя после оттока воды на процесс гидратации и гелеобразования.



**Рис. 1. Схема взрывофугасной сваи В-9:**  
 1, 2, 3 – слои грунтов; М1, М2, М3 – мессдозы;  
 Ø216 мм – диаметр поперечного сечения железобетонного ствола сваи; Ø224 мм – диаметр грунтоомоноличенного ствола сваи; 4 – полость; 5 – свая; 6 – грунтоомоноличный слой ствола сваи

В течение первых суток, начиная после второго часа, наблюдается рост давлений 20,2 кПа, 14,5 кПа, 12,1 кПа. В дальнейшем рост давления продолжался и на шестые и на восьмые сутки значенные составляло 33,1 кПа, 22,0 кПа, 18,2 кПа за счет набухания бетона при твердении. На 18-е сутки давление на глубине одного метра возрастает до 34,6 кПа, на глубине 1,8 м снижается до 15,5 кПа, на глубине 2,6 м снижается до нуля за счет усадки бетона при твердении. По графикам изменения давления при твердении бетона (рис. 2, а–в) можно заключить, что с первых и до восьмых суток бетонная смесь набухает, после шестых и восьмых суток бетон начинает усадку. При этом грунт в верхней мессдозе передает давление структурного сцепления полностью, в средней мессдозе грунт разрывает свое взаимодействие с бетоном и давление на сваю не передается за счет «кольцевого эффекта» обжатия уплотненного грунта. Спустя несколько суток твердения бетона в грунте протекают реологические и релаксационные процессы в результате увлажнения его от бетонной смеси и он, деформируясь, восстанавливает взаимодействие по всему стволу силой структурного сцепления. Поэтому при взятии показателей давления перед нагружением сваи все мессдозы показали значения удельного сцепления грунта естественного состояния: первая – 34,6 кПа, вторая – 27,9 кПа, третья – 24,2 кПа. Изменение давления (рис. 2, г, д) наблюдается на первой глубине при нагружении от 25 кН до 35 кН от 34,6 кПа до 46,1 кПа, на третьей глубине при нагружении от 60 кН до 75 кН от 24,2 кПа до 36,3 кПа.



**Рис. 2. Графики взаимного давления бетонной смеси и грунта по контактной боковой поверхности взрывофугасной сваи В-9:** а – на глубине 1,0 м; б – 1,8 м; в – 2,6 м – и изменения давления: г – на глубине 1,0 м; д – 2,6 м

При критической нагрузке первая мессдоза показала давление 46,1 кПа, вторая – 40,7 кПа, третья – 36,3 кПа. Указанное каждой мессдозой давление представляет собой сумму удельного давления скелета инертных заполнителей через один час после укладки бетонной смеси и давлений перед началом нагружения сваи, т. е. можно считать, что давление при критической нагрузке равняется сумме давления свежееуложенной бетонной смеси через один час после укладки ее в скважину и удельного сцепления грунта естественного состояния. Произведенная откопка опытной сваи после испытаний подтвердила, что в работе участвовала только боковая поверхность ствола сваи, так как под ее нижним концом сохранялся зазор, устроенный при выполнении сваи.

### Метод расчета несущей способности боковой поверхности ствола взрывофугасной сваи

Для расчетного определения несущей способности боковых поверхностей взрывофугасной сваи В-9 выбираются уравнения состояний предельных равновесий, в состав которых входят значения предельных сопротивлений грунта по боковым поверхностям при критической нагрузке. Критическая нагрузка на сваю определена экспериментально и составила для взрывофугасной В-9  $N = 116$  кН при предельной осадке  $S = 4,3$  мм (рис. 3).

Грунты – глины и суглинки, макропористые I типа просадочности, следующей литологии:

1-й слой:  $h_1 = 1,5$  м;  $c_1 = 34,6$  кПа;  $\varphi_1 = 23^\circ$ ;

$e_1 = 0,93$ ;  $\gamma_1 = 17$  кН/м<sup>3</sup>;  $\gamma_{d1} = 14,4$  кН/м<sup>3</sup>.

2-й слой:  $h_2 = 1,0$  м;  $c_2 = 27,9$  кПа;  $\varphi_2 = 22^\circ$ ;

$e_2 = 0,78$ ;  $\gamma_2 = 18,5$  кН/м<sup>3</sup>;  $\gamma_{d2} = 15,2$  кН/м<sup>3</sup>.

3-й слой:  $h_3 = 0,64$  м;  $c_3 = 24,2$  кПа;  $\varphi_3 = 21^\circ$ ;

$e_3 = 0,79$ ;  $\gamma_3 = 18,8$  кН/м<sup>3</sup>;  $\gamma_{d3} = 15,3$  кН/м<sup>3</sup>.

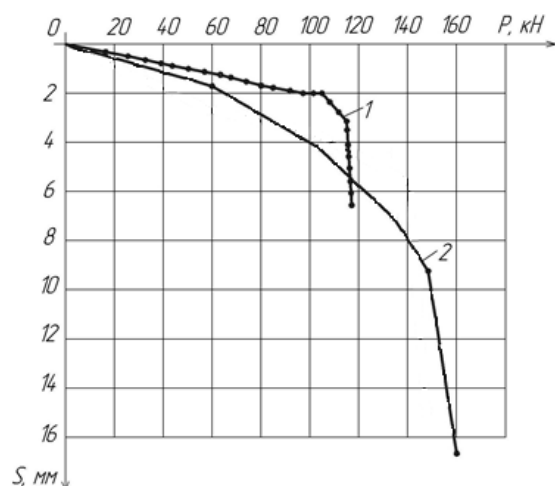


Рис. 3. Графики зависимости «нагрузка – осадка» взрывофугасных свай: 1 – свая В-9 (по боковой поверхности ствола сваи); 2 – свая В-2

Схема взрывофугасной сваи В-9 показана на рис. 1. Периметр сложного поперечного сечения ствола сваи  $U = 712$  мм. Приведенный радиус ствола сваи  $R = U / 2\pi = 114$  мм. Нагрузки на основание сваи: от массы сваи  $N_c = \pi \cdot R^2 l \gamma_6 = 2,82$  кН; от массы домкрата  $N_d = 0,5$  кН; дополнительная внешняя нагрузка  $N_0 = 116$  кН.

Общая нагрузка на основание сваи  $N = N_0 + N_c + N_d = 119,3$  кН.

Несущая способность по расчету:

1-го слоя.  $F_{d1} = A_1(\Delta\sigma_{d,1} + c_1 + \Delta\sigma_{\gamma_6,1}) = 60,5$  кН.

$A_1 = h_1 U = 1,0$  м<sup>2</sup>.  $\Delta\sigma_{\gamma_6,1} = 11,5$  кПа.

2-го слоя.  $F_{d2} = A_2(\Delta\sigma_{d,2} + c_2 + \Delta\sigma_{\gamma_6,2}) = 31,8$  кН.

$A_2 = h_2 U = 0,5$  м<sup>2</sup>.  $\Delta\sigma_{\gamma_6,2} = 12,4$  кПа

3-го слоя.  $F_{d3} = A_3(\Delta\sigma_{d,3} + c_3 + \Delta\sigma_{\gamma_6,3}) = 22,1$  кН.

$A_3 = h_3 U = 0,43$  м<sup>2</sup>.  $\Delta\sigma_{\gamma_6,3} = 12,1$  кПа.

Общая несущая способность  $F_d = F_{d1} + F_{d2} + F_{d3} = 114,5$  кН, что меньше общей нагрузки на основание сваи  $N = 119,3$  кН на 4 %, т. е. результат исследования получился с повышенным расхождением. Расхождение значений эксперимента и расчета указывает на то, что приведенный радиус поперечного сечения ствола сваи следует учитывать с увеличением его значения за счет присоединенного к боковой поверхности некоторого слоя омоноличенного максимально уплотненного грунта. Увеличение значения радиуса омоноличенного грунта, при котором происходит его сдвиг, определяется следующим расчетом [3]:

$N = 119,3$  кН;  $F_d = 114,5$  кН;

$A_1 = A_1 + A_2 + A_3 = 1,0 + 0,57 + 0,43 = 2,0$  м<sup>2</sup>.

Из пропорции  $A_1 / F_d = A / N$ ,  $A = A_1 N / F_d = 2,084$  м<sup>2</sup>. Увеличенный периметр за счет омоноличенного грунта  $U = A / h = 0,744$  м. Радиус увеличенного сечения  $R = U / 2\pi = 0,118$  м. Увеличенное значение радиуса  $\Delta R = R - R_1 = 0,004$  м = 4 мм.

Проверка. Несущая способность:

1-го слоя.  $F_{d1} = A_1(\sigma_{d,1} + c_1 + \Delta\sigma_{\gamma_6,1}) = 63,02$  кН.

$A_1 = h_1 U = 1,042$  м<sup>2</sup>.

2-го слоя.  $F_{d2} = A_2(\sigma_{d,2} + c_2 + \Delta\sigma_{\gamma_6,2}) = 33,03$  кН.

$A_2 = h_2 U = 0,595$  м<sup>2</sup>.

3-го слоя.  $F_{d3} = A_3(\sigma_{d,3} + c_3 + \Delta\sigma_{\gamma_6,3}) = 22,92$  кН.

$A_3 = h_3 U = 0,446$  м<sup>2</sup>.

Общая несущая способность  $F_d = F_{d1} + F_{d2} + F_{d3} = 118,97$  кН. Условие  $N = 119,3$  кН  $\approx F_d = 118,97$  кН удовлетворяется полностью.

Следовательно, на боковую поверхность свай В-9 действуют боковое удельное давление скелета грунта, давление удельного сцепления грунта и боковое удельное давление скелета инертных заполнителей бетона, замеренных через один час после укладки бетонной смеси в скважину. Суммарные значения боковых удельных давлений скелета инертных заполнителей бетона и давлений удельного сцепления грунта получены замерами при критической нагрузке на сваю. Таким образом, исследованиями установлена необходимость увеличения диаметров поперечных сечений стволов набивных свай на 8...10 мм за счет прочного присоединения слоя омоноличенного грунта к их боковым поверхностям.

**Предельная нелинейная сдвиговая деформация грунта по боковой поверхности цилиндрического ствола взрывофугасной свай**

На основании сделанного вывода о том, что на боковые поверхности стволов буровых свай действуют давления упругости грунтов, принимается положение о характере происхождения предельной нелинейной сдвиговой деформации грунта, действующей по боковым поверхностям свай, как нелинейных упругих объемно-сдвиговых [4]. С использованием результатов исследований находится значение коэффициента пропорциональности нелинейной упругой объемной деформации грунта как отношение величины осадки  $S_n^e = 22,9$  мм к полной осадке штампа  $S_k = 75$  мм.  $K_e = S_n^e / S_k = 0,3$ . Нелинейная упругая объемно-сдвиговая деформация основания набивной взрывофугасной свай В-9 по данным значений полных осадок свай В-1 по графику на рис. 3  $S = 16$  мм получится  $S_e = K_e S = 4,8$  мм, что полностью соответствует значению осадки набивной взрывофугасной свай В-9 по графику полевых испытаний  $S = 4,8$  мм (см. рис. 3). Отсюда следует вывод о том, что по боковым поверхностям взрывофугасных свай действуют исключительно нелинейные упругие объемно-сдвиговые деформации.

**Метод расчета несущей способности взрывофугасной свай с грунтоуплотненным конусом**

Настоящие исследования проводятся с целью установления влияния вытеснения грунтов на формирование давлений по боковым поверхностям стволов и нижних концов свай в процессах нагружения их статическими осевыми вертикальными нагрузками [5]. Рассматривается опытная набивная взрывофугасная свая В-2. График испытания свай построен на рис. 3.

Схема набивной взрывофугасной свай В-2 показана на рис. 4. Форма уплотненного ядра принимается в виде кругового конуса с углом при вершине равным двум углам внутреннего трения

грунта  $\varphi$  и с основанием равным диаметру ствола свай. Нагрузка на основание свай: от массы ствола свай  $N_c = (\pi \cdot R^2 l \gamma_{ц} + \frac{\pi D^2 h_k}{12}) \gamma_6 = 2,84$  кН; от массы домкрата  $N_d = 0,5$  кН; дополнительная внешняя нагрузка  $N_0 = 160$  кН. Всеобщая нагрузка на основание  $N = N_0 + N_c + N_d = 163,34$  кН.

Несущая способность боковой поверхности свай:

1-го слоя  $F_{d1} = A_1(\sigma_{d,1} + c_1 + \sigma_{\gamma 6,1}) = 66,9$  кН.

$A_1 = h_1 U = 1,055$  м<sup>2</sup>.

2-го слоя  $F_{d2} = A_2(\sigma_{d,2} + c_2 + \sigma_{\gamma 6,2}) = 41,0$  кН.

$A_2 = h_2 U = 0,703$  м<sup>2</sup>.

3-го слоя  $F_{d3} = A_3(\sigma_{d,3} + c_3 + \sigma_{\gamma 6,3}) = 19,3$  кН.

$A_3 = h_3 U = 0,352$  м<sup>2</sup>, где  $\sigma_{\gamma 6,i}$  – удельное давление скелета бетонной смеси, равное удельному давлению скелета грунта.

Общая несущая способность боковой поверхности ствола

$F_{d,б.п} = F_{d1} + F_{d2} + F_{d3} = 127,2$  кН.

Несущая способность острия нижнего конца свай  $F_{d,н.к} = N - F_{d,б.п} = 36,1$  кН.

Площадь боковой поверхности острия свай  $A_{б.п.} = A_1 + A_2 = 0,115$  м<sup>2</sup>, где  $A_1$  – площадь боковой поверхности усеченного конуса;  $A_2$  – то же полного кругового конуса.  $A_1 = 0,5\pi l_1 (D_0 + D_1) = 0,080$  м<sup>2</sup>.  $A_2 = \pi D l / 2 = 0,0346$  м<sup>2</sup>. Удельное сопротивление сдвигу по боковой поверхности острия свай  $\sigma_5 = \tau_5 = F_{d,н.к} / A_{б.п.} = 313,91$  кПа.

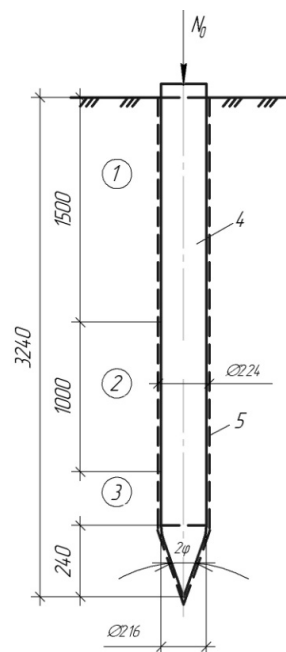


Рис. 4. Схема набивной взрывофугасной свай В-2: 1, 2, 3 – слои грунтов; 4 – свая; 5 – грунтоомоноличный слой ствола свай

Выбор уравнения состояния предельного равновесия грунта при вытеснении острием нижнего конца сваи  $\sigma_5 = \tau_5 = (c + \sigma_d) \sum \operatorname{tg} \theta_i k = 315,3 \text{ кПа}$ . Разность значений между опытными напряжениями  $\sigma_5 = \tau_5 = 313,9 \text{ кПа}$  и расчетными  $\sigma_5 = \tau_5 = 315,3 \text{ кПа}$  получается вполне приемлемой.

Таким образом, в расчете учитывается толщина слоя омоноличенного грунта вокруг боковых поверхностей ствола и острия набивной взрывофугасной сваи В-2, равного разности радиусов 112 мм и 108 мм, что совпадает с данными расчетного исследования сваи В-9 только по боковой поверхности.

По боковой поверхности набивной взрывофугасной сваи В-9 по слоям соответственно действуют боковые удельные давления скелета инертных заполнителей бетона  $\Delta\sigma_{\gamma 6.1} = 11,5 \text{ кПа}$ ;  $\Delta\sigma_{\gamma 6.2} = 12,4 \text{ кН}$ ;  $\Delta\sigma_{\gamma 6.3} = 12,1 \text{ кПа}$ , а по боковой поверхности сваи В-2 (рис. 5) боковые удельные давления инертных заполнителей бетона достигают значений боковых удельных давлений скелета грунтов  $\sigma_{\gamma 6.1} = 14,4 \text{ кПа}$ ;  $\sigma_{\gamma 6.2} = 15,2 \text{ кН}$ ;  $\sigma_{\gamma 6.3} = 15,3 \text{ кПа}$  благодаря восходящему вверх потоку вытесняемого острием сваи грунта пластичного состояния, осуществляющего данное повышение напряжений по длине ствола сваи, показанного на рис. 5.

Следовательно, расчетным исследованием установлено повышение бокового удельного давления скелета инертных заполнителей бетона по бо-

ковой поверхности ствола сваи от силового влияния вытесняемого острием нижнего конца грунта, выпираемого вверх вдоль ствола сваи, как среды пластического состояния.

## Выводы

1. Давление при критической нагрузке равняется сумме давления свежесжатой бетонной смеси через один час после укладки ее в скважину (создающего предварительное напряжение грунта) и удельного сцепления грунта естественного состояния.

2. На боковую поверхность взрывофугасной сваи действуют боковое удельное давление сухого скелета грунта, давление удельного сцепления грунта и давление предварительного напряжения от бокового удельного давления скелета инертных заполнителей бетона.

3. Установлена необходимость учета увеличения диаметров поперечных сечений стволов набивных свай на 8...10 мм за счет прочного присоединения слоя омоноличенного грунта к их боковым поверхностям.

4. По боковым поверхностям стволов взрывофугасных свай действуют только нелинейные упругие объемно-сдвиговые деформации.

5. Впервые исследована несущая способность основания взрывофугасной сваи с грунтоуплотненным конусом.

6. Произведен выбор уравнений предельных равновесий грунтов по боковой поверхности ствола и грунтоуплотненного конуса.

7. Создано объективное научное обоснование достоверной несущей способности оснований взрывофугасных свай и разработаны методологии инженерного определения их несущей способности, сравнимой по точности с результатами экспериментальных исследований.

## Литература

1. Борозенец, Л.М. Устройство взрывонабивных свай в связных грунтах / Л.М. Борозенец // Инженерная геология, механика грунтов и фундаментостроение: сб. статей Межреспубликанской конференции Белорусской, Литовской, Латвийской и Эстонской ССР «Геотехника – V». – Минск, 1982. – С. 212–217.

2. Борозенец, Л.М. Повышение несущей способности оснований набивных свай взрывофугасным вытеснением грунтов: автореф. дис. ... канд. техн. наук / Л.М. Борозенец. – Пермь: ПГТУ, 1994. – 25 с.

3. Борозенец, Л.М. Метод расчета несущей способности основания взрывофугасной сваи / Л.М. Борозенец // Инф. листок ЦНТИ. – Владимир, 1992. – НТД № 92-56. – 4 с.

4. Борозенец, Л.М. Нелинейная механика вытеснения дисперсных грунтов в основаниях фундаментов / Л.М. Борозенец // Геотехника Беларуси: наука и практика: мат. Междунар. науч.-техн. конф. – Минск: БНТУ, 2013. – Ч. 1. – С. 183–194.

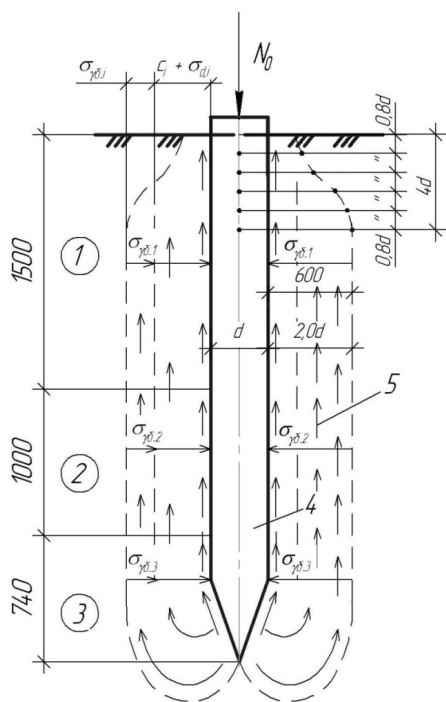


Рис. 5. Схема восходящего вверх потока вытесняемого острием набивной взрывофугасной сваи В-2 грунта вдоль ее ствола: 1, 2, 3 – слои грунта; 4 – свая; 5 – направление восходящего потока вытесняемого грунта

5. Борозенец, Л.М. Геотехника проектирования и устройства оснований взрывофугасных набивных свай: технические средства и геотехнологические результаты взрывофугасного грунтовытеснения

скважин / Л.М. Борозенец // Современные геотехнологии в строительстве и их научно-техническое сопровождение: сб. тр. Междунар. науч.-техн. конф. – СПб.: СПбГАСУ, 2014. – С. 160–167.

**Борозенец Леонид Михайлович**, кандидат технических наук, доцент кафедры «Промышленное и гражданское строительство» Архитектурно-строительного института, Тольяттинский государственный университет (Тольятти), tsp@tltsu.ru

Поступила в редакцию 22 октября 2015 г.

DOI: 10.14529/build160103

## COMPREHENSIVE ANALYSIS ON THE BEARING CAPACITY OF HIGH-EXPLOSIVE PILES

L.M. Borozenets, tsp@tltsu.ru  
Togliatti State University, Togliatti, Russian Federation

This article deals with the data of a comprehensive analysis on the bearing capacity over the lateral area of an explosive pile shaft and a shaft with a soil compacted cone. The features of interaction of concrete mixture during its placing and hardening in a well and the concrete pile shaft under load of the high-explosive and soil compacted foundation are revealed. The paper presents a methodology for calculation of the bearing capacity of the lateral area of a high-explosive pile shaft and the load capacity of a pile with a soil compacted circular cone.

*Keywords: foundation, bearing capacity, high-explosive pile, shaft, lateral area, cone, pile tip, ground displacement, soil compaction, resistance, soil, pressure capsule, load.*

### References

1. Borozenets L.M. [The device explosion-filling piles in cohesive soils]. *Inzhenernaya geologiya, mekhanika gruntov i fundamentostroenie: sb. statey Mezhdunarodnoy konferentsii Belorusskoy, Litovskoy, Latviyskoy i Estonskoy SSR "Geotekhnika – V"* [Engineering Geology, soil mechanics and Foundation engineering: collected articles of inter-Republic conference of Byelorussian, Lithuanian, Latvian and Estonian SSR "Geotechnical engineering – V"]. Minsk, 1982, pp. 212–217. (in Russ.).
2. Borozenets L.M. *Povyshenie nesushchey sposobnosti osnovaniy nabivnykh svay vzryvofugasnym vytesneniem gruntov*. Avtoref. kand. diss. [Increasing the carrying capacity of grounds of piles explosion-landmine displacement of soils. Abstract of cand. diss.]. Perm, 1994. 25 p.
3. Borozenets L.M. *Metod rascheta nesushchey sposobnosti osnovaniya vzryvofugasnoy svai* [Calculation method of bearing capacity of foundation explosion-landmine piles]. *Inf. listok CNTI* [Fact sheet STIC]. Vladimir, 1992, NTD № 92-56. 4 p.
4. Borozenets L.M. [Nonlinear mechanics of displacement of fine-grained soils in the foundations]. *Geotekhnika Belarusi: nauka i praktika: mat. Mezhdunar. nauch.-tekhn. konf.* [Geotechnics in Belarus: science and practice: materials of International scientific-technical conference]. Minsk, 2013, vol. 1–2, pp. 183–194 (in Russ.).
5. Borozenets L.M. [Geotechnical engineering design and management of foundation explosion-landmine filling piles: geotechnical technical means and results of explosion-landmine displacement of a soil of wells]. *Sovremennye geotekhnologii v stroitel'stve i ikh nauchno-tekhnicheskoe soprovozhdenie: sb. tr. Mezhdunar. nauch.-tekhn. konf.* [Modern geotechnologies in construction and scientific and technical support: Proceedings of the International scientific-technical conference]. St. Petersburg, 2014, pp. 160–167. (in Russ.).

Received 22 October 2015

### ОБРАЗЕЦ ЦИТИРОВАНИЯ

Борозенец, Л.М. Комплексное исследование несущей способности основания взрывофугасных свай / Л.М. Борозенец // Вестник ЮУрГУ. Серия «Строительство и архитектура». – 2016. – Т. 16, № 1. – С. 20–25. DOI: 10.14529/build160103

### FOR CITATION

Borozenets L.M. Comprehensive Analysis on the Bearing Capacity of High-Explosive Piles. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Construction Engineering and Architecture*. 2016, vol. 16, no. 1, pp. 20–25. (in Russ.). DOI: 10.14529/build160103