

## ОСОБЕННОСТИ РАСЧЕТА НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ СВАЙ, ПОГРУЖЕННЫХ В ДАВЛИВАНИЕМ

Карпюк И.А., Карпюк В.М. (Одесская государственная академия строительства и архитектуры, г. Одесса)

**Предлагается методика расчета основных параметров взаимодействия вдавленных висячих призматических свай с несвязным грунтом основания.**

Структурная перестройка экономики в последние десятилетия привела к переориентации значительной части организаций и фирм с типового строительства на свободных территориях на реконструкцию, усиление, модернизацию существующих зданий и сооружений, а также на новое строительство в сложных стеснённых условиях городской застройки с сохранением исторических и архитектурных памятников, что требует, в частности, использования свай, погружаемых в давливанием. Однако, существующая нормативная и литературная база, внедрение новых щадящих технологий и техники отстают от произошедших перемен в строительстве. Действующие Нормы, практически, не учитывают разницу между работой вдавленных и забивных свай, в них отсутствуют рекомендации по определению взаимного влияния существующих и вновь возводимых фундаментов.

Разработке предложений по уточнению взаимодействия вдавленных свай с грунтом основания предшествовали обширные лабораторные и полевые исследования с использованием моделей и натуральных свай. Модельные исследования проводили в несвязных грунтах.

Анализ литературных источников, многочленных экспериментальных данных, в том числе и других авторов, позволил установить, что в основу расчета основных параметров работоспособности вдавленных свай может быть положена существующая нормативная база, но с существенными дополнениями и уточнениями.

Расчетную несущую способность висячей вдавленной сваи рекомендуется определять по формуле (1), приведенной на рис. 1 блок-схемы, отличающейся от формулы (8) СНиП 2.02.03-85 [1] тем, что вместо одного коэффициента условий работы  $\gamma_{c1}=1$  предлагается использовать два коэффициента  $\gamma_{c1}$  и  $\gamma_{c2}$ . В основе выражения (4) блок-схемы для уточняющего коэффициента  $\gamma_{c1}$ , интегрально учитывающего особенности работы вдавленных свай по отношению к забивным, ле-



жит соответствующая математическая модель. Возможное снижение несущей способности рассматриваемой сваи из-за наличия по соседству такой же нагруженной сваи (кустовой эффект) учитывается коэффициентом  $\gamma_{c2}$ .

Предлагаемая методика позволяет также определять несущую способность вдавленной сваи по результатам испытаний аналогичной забивной сваи в идентичных грунтовых условиях с помощью зависимости (2) блок-схемы.

Наиболее простой и достоверной представляется оценка несущей способности сваи через усилие ее вдавливания с помощью коэффициента  $K_F$  (выражение (11), полученное из соответствующей математической модели).

Сопоставление опытных и расчетных значений несущей способности натуральных 6<sup>ти</sup> и 15<sup>ти</sup> метровых висячих призматических свай показало, что рекомендации нормативных документов РСН-357-91 [5], ВСН 16-84 [6], ДБН В.3.1-1-2002 [7] и некоторых исследователей, в том числе авторов, определять их несущую способность через предельное усилие вдавливания, в целом, обеспечивают хорошую сходимость прогноза и данных испытаний.

Прогноз осадок (формула (12) блок-схемы) висячей призматической вдавленной сваи под нагрузкой в песчаных грунтах рекомендуется осуществлять либо по рекомендациям прил.4 СНиП 2.02.03-85 [1] как одиночной сваи без уширения, либо по СНиП 2.02.01-83 [8] как заглубленного условного фундамента на естественном основании с использованием коэффициентов  $K_S$  и  $\gamma_{c,s}$ , учитывающих, соответственно, влияние способа погружения сваи вдавливанием и наличие рядом расположенной такой же нагруженной ( $\gamma_k=1,2$ ) сваи.

Дополнительная, не учитываемая действующими нормативными документами, осадка существующей нагруженной сваи, проявляющаяся при вдавливании и последующей работе соседней такой же сваи, может быть определена по формуле (15) блок-схемы по известной измеренной или определенной расчетом основной осадке этой сваи путем учета расстояния между ними, характеристик песчаного грунта и уровня ее нагружения с помощью коэффициентов  $K_{S,12}$  и  $K_{\gamma k}$  (выражения (16) и (17) блок-схемы).

Сопоставление опытных и расчетных значений несущей способности натуральных призматических свай, определенных в соответствии с требованиями действующих нормативных документов и рекомендациями различных исследователей выполнено в табл. 1.



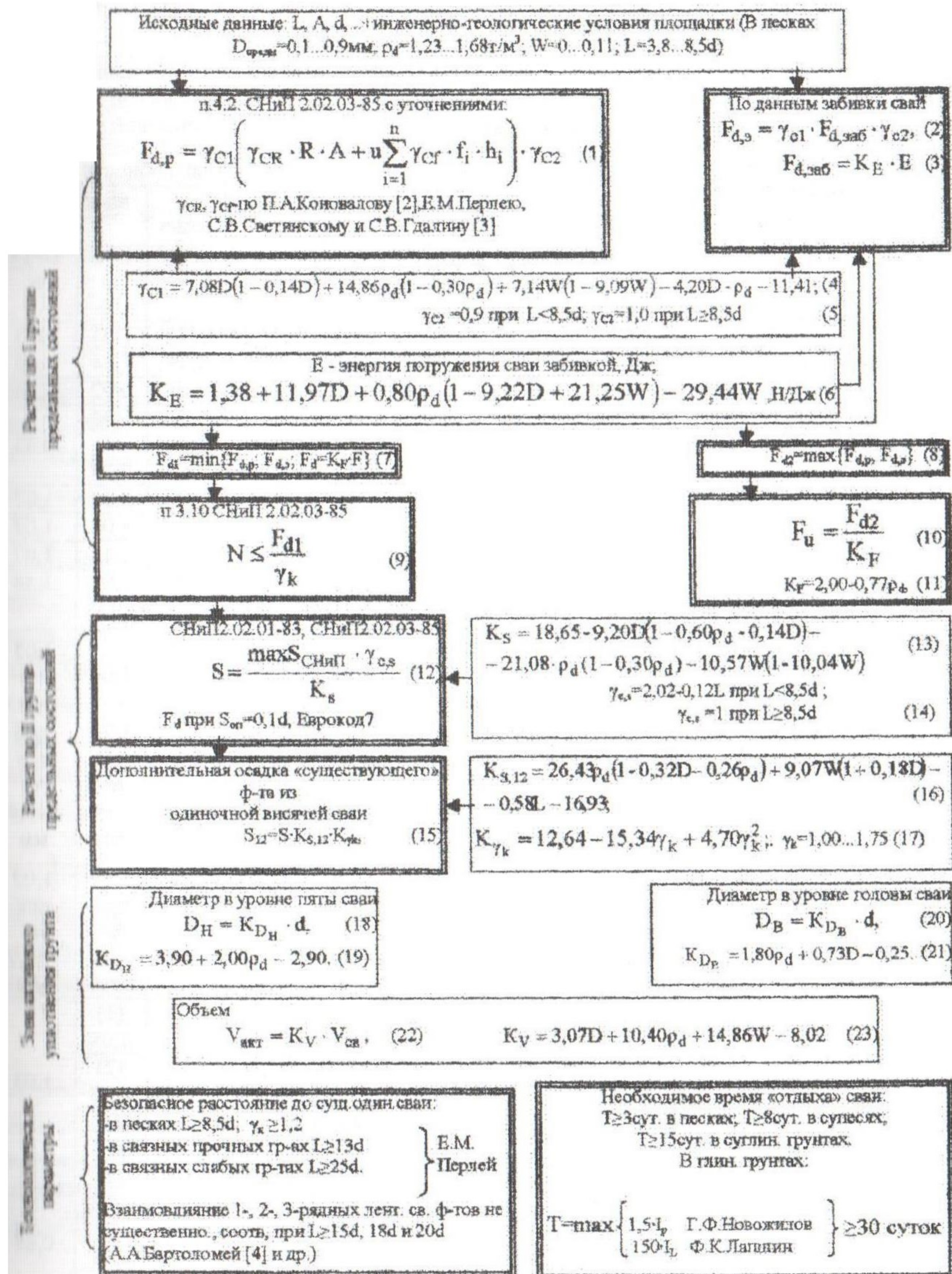


Рис. 1. Блок-схема расчета основных параметров работоспособности висячей вдавленной призматической сваи



Таблица

№ п/п	Наименование Норм, Ф.И.О. исследователя	Средняя опытная несущая способность свай $\bar{F}_d$ , кН			Расчетная несущая способность свай $\hat{F}_d$ , кН			Отношение расчетной к средней опытной несущей способности $\hat{F}_d/\bar{F}_d$			
		заби в- ных L=6 м	вдавленных		заби в- ных L=6м	вдавленных		забив - ных L=6м	вдавленных		
			L=6 м	L=1 5м		L=6 м	L=15м		L=6 м	L=15 м	
(1)	(2)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	
1	СНиП 2.02.03-85 [1]	188	181	990	242	242	1639	1,29	1,34	1,66	
2	РСН 357-91 [5]	188	181	990	242	166	1342	1,29	0,92	1,36	
3	РТМ36.44.12.2-90[9]	188	181	990	242	195- 410	2206	1,29	1,08 - 2,27	2,33	
4	ТСН 50-302-96 [10]	188	181	990	242	355	1855	1,29	1,96	1,87	
5	ВСН 16-84 [6]	188	181	990	242	≤195	≤1020	1,29	1,08	1,03	
6	ДБН В.3.1-1-2002 [7]	188	181	990	242	203	1063	1,29	1,12	1,07	
7	П.А.Коновалов [2]	188	181	990	242	196	1422	1,29	1,08	1,44	
8	М.В.Корниенко, О.Ф.Лебеда, О.В.Шепетюк, О.И.Балакшин [11]	188	181	990	242	150.. 188	( $F_d \leq F$ ) ≤1020	1,29	0,83. .. 1,04	1,03	
9	А.В.Савинов, Ф.К.Лапшин [12]	188 при S= =16 мм	181 при S= =16 мм	990 при S= =16 мм	242	324 при S= =14 мм	1144 при S= =15,8 мм	1,29	1,79 при S= =14 мм	1,16 при S= =15,8 мм	
		205 при S= =40 мм	195 при S= =51 мм	1160 при S= =47 мм		359 при S= =38 мм	1267 при S= =39,7 мм		1,84 при S= =38 мм	1,09 при S= =39,7 мм	
10	И.А.Карпюк [13]	п.5.5 СНиП2.02.03-85 при $S_{оп} = \xi \cdot S_{ннл}$			(3)	(1) 195	≤1020	1,11	(1) 1,08	1,03	
		188	181	990		208			(2) 173		(2) 0,96
									(10) 175		(10) 0,97
		Еврокод 7 при $S_{оп} = 0,1d$			(3)	(1) 195	≤1020	0,99	(1) 1,03	0,88	
210	190	1155	208	(2) 173		(2) 0,91					
				(10) 175		(10) 0,92					



## Выводы

1. Вдавливание является одним из самых надежных, простых и экологически чистых способов погружения свай, позволяющим производить работы не только снаружи, но и внутри аварийных зданий, непрерывно контролировать сопротивление сваи погружению и, следовательно, ее несущую способность.

2. Неудовлетворительная сходимости расчетных величин несущей способности вдавленных свай с экспериментальными данными объясняется как несовершенством действующих нормативных документов, так и тем, что они не учитывают специфику работы свай, погруженных таким способом. Наибольшие расхождения зафиксированы для коротких призматических и цилиндрических свай.

3. Проведенные экспериментальные исследования позволили выявить влияние основных характеристик песчаного грунта на усилие вдавливания, энергию погружения, размеры зоны активного уплотнения, несущую способность, осадки и другие параметры работоспособности одиночных висячих вдавленных и забивных призматических свай, их взаимосвязь; определить взаимное негативное влияние двух поочередно вдавленных и рядом расположенных свай на их несущую способность и дополнительные осадки.

4. Установлена зависимость дополнительной осадки одиночной висячей призматической сваи, обусловленной погружением и работой такой же соседней сваи, от уровня нагрузки на нее, расстояния между сваями, характеристик грунта.

5. Введение в формулу (8) СНиП 2.02.03-85 поправочных коэффициентов условий работы грунта под нижним концом и по боковой поверхности сваи, более полно учитывающих технологию ее погружения, а также рекомендуемых автором коэффициентов условий работы вдавленной сваи в грунте  $\gamma_{c1}$ ,  $\gamma_{c2}$  позволяет приблизить результаты расчета несущей способности свай к опытным данным.

6. Рекомендации нормативных документов РСН 357-91, ВСН 16-84, ДБН В.3.1-1-2002, регламентирующих работу вдавленных свай, предложения различных исследователей [2, 3, 11, 12, 14], в том числе и авторов работы, определять их несущую способность через предельное



усилие вдавливания, в целом, обеспечивают хорошую сходимость прогноза и данных испытаний как коротких, так и длинных висячих свай.

7. Прогноз осадок одиночных висячих вдавленных призматических свай в песчаных или близких к ним грунтах рекомендуется делать по нормативной методике с использованием предлагаемых авторами коэффициентов  $K_S$  и  $\gamma_{c,s}$ .

8. Дополнительная, неучитываемая действующими нормативными документами, осадка существующей нагруженной висячей сваи, появляющаяся при вдавливании и нагружении соседней такой же сваи, может быть определена по известной измеренной или определенной расчетом основной осадке этой сваи путем учета расстояния между ними, характеристик песчаного грунта и величины приложенной к ней нагрузки с помощью коэффициентов  $K_{S,12}$  и  $K_{\gamma_k}$ .

### Литература

1. СНиП2.02.03-85. Свайные фундаменты/ Госстрой СССР. М.: ЦИТП Госстрой СССР, 1986. - 36 с.
2. Коновалов П.А. Основания и фундаменты реконструируемых зданий. - 4-е изд., перераб. и доп. - М.: Бумажная галерея, 2000. - С. 217-220.
3. Перлей Е.М., Светинский Е.В., Гдалин С.В. Погружение свай способом вдавливания.- Л.: ЛДНТП, 1983. - 32 с.
4. Бартоломей А.А., Омельчак И.М., Юшков Б.С. Прогноз осадок свайных фундаментов.- М.: Стройиздат, 1994. - 384 с.
5. РСН357-91 Технология устройства фундаментов из железобетонных свай, погружаемых вдавливанием. Изд. офиц.- Киев: АП НИИСП Госстроя Украины, 1991. -40с.
6. ВСН 16-84. Инструкция по усилению фундаментов аварийных и реконструируемых зданий многосекционными сваями. - М.: МинпромстройСССР, 1984. - 34 с.



7. ДБН В.3.1-1-2002 «Ремонт і підсилення несучих та огорожувальних будівельних конструкцій і основ промислових будинків та споруд»/ Держбуд України. – Київ.: Держбуд України, 2003. – 82 с.
8. СНиП 2.02.01-83 Основания зданий и сооружений /Госстрой СССР. – М.: Стройиздат, 1985. – 40 с.
9. РТМ 36.44.12.2-90. Проектирование и устройство фундаментов из свай, погружаемых способом вдавливания. - СПб: ВНИИГС Минстроя РФ, 1992.-46 с.
10. ТСН 50-302-96. Устройство фундаментов гражданских зданий и сооружений в Санкт-Петербурге и на территориях, административно подчиненных Санкт-Петербургу. – СПб.: Администрация Санкт-Петербурга, 1997. – 96 с.
11. Корниенко М.В., Лебеда О.Ф., Шепетюк О.В., Балакшин О.І. Особливості визначення несучої здатності задавлювальних паль: Зб. наук. праць. 4-тої Укр. науково - техн. конф. “Механіка ґрунтів та фундаментобудування”. -Вып.53. Книга2.-Київ:НДІБК.-2000.– С.463-469.
12. Савинов А.В. Применение свай, погружаемых вдавливанием, для усиления и устройства фундаментов в условиях реконструкции исторической застройки г. Саратова: Учеб. пособие. Саратов. гос. техн. ун-т, 2000, -124 с.
13. Карпюк И.А. Особенности взаимодействия свай, погруженных вдавливанием, с грунтом основания: Автореф. дис...канд. техн. наук 05.23.02/ Одес. нац. мор. ун-т. - Одесса., 2004. - 35с.
14. Вакслюдин Б.В, Товмасын Э.А. Исследование напряженного состояния грунта при вдавливании сваи: Сб. научн. тр. НИИОСПа «Ускорение научно-технического прогресса в фундаментостроении». Том II. –М.: Стройиздат, 1987. - С. 15-16.