

СТРОИТЕЛЬСТВО. ИНЖЕНЕРНЫЕ ИЗЫСКАНИЯ И ОБСЛЕДОВАНИЕ ЗДАНИЙ

УДК 624.154.1; 624.154.8

МЕТОДИКА ДЕФОРМАЦИОННОГО РАСЧЕТА СВАЙ С КОНЦЕВЫМИ УШИРЕНИЯМИ В ТЕОРИИ ФОРМООБРАЗОВАНИЯ УСИЛИВАЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ

Н. В. Купчикова

Астраханский инженерно-строительный институт

В статье сформулированы основные аспекты теории формообразования концевых уширений свай, полученных в результате различных технологий. Изложена методика деформационного расчета свай с концевыми уширениями для сферической и цилиндрической формы в поперечном сечении на вертикальную нагрузку. Результаты расчета по предлагаемой методике и натурных экспериментальных исследований показали близкие значения, причем отклонение графика «нагрузка-деформация» показало несущественное отличие от линейного на широком диапазоне деформирования для различных форм уширений. В результате исследований с помощью изолиний определено, что изменение характера деформаций грунтового основания при увеличении нагружения вокруг сферических и цилиндрических концевых уширений зоны плотности грунта изменяется практически одинаково и не превышает двух диаметров сваи от ее граней в боковые стороны и трех диаметров сваи под нижним концом в грунтах нормальной влажности. Значения радиуса зоны уплотнения грунта, определенные по показателям плотности в шурфах основания, полученным экспериментально, подтверждаются теоретически.

Ключевые слова: свая, формообразование концевого уширения, метод определения осадки, зона уплотнения грунта, около-грунтовое пространство вокруг концевого уширения.

STUDY SHAPING END BROADENING PILES IN CROSS-SECTION, AND METHODS OF DEFORMATION CALCULATION

N. V. Kupchikova

Astrakhan Institute of Civil Engineering

The article sets out the basic aspects of the theory of morphogenesis end broadening piles resulting from different technologies. The methods of calculating the deformation of piles with end broadening for a spherical, conical and cylindrical shape in cross-section in the vertical load. Calculation results by the proposed method and field experimental studies have shown similar values, with deviation graph "stress-strain" showed insignificant difference from a linear to a wide range of deformation. Determined from studies using contour lines that change the nature of the subgrade deformation with increasing load around spherical and cylindrical end zone broadening soil density varies almost the same and does not exceed twice the diameter of the pile from its edges to the sides and three diameters of the pile under the lower end. Values of the radius zone soil compaction defined in terms of the density of pits in the base obtained experimentally confirm the theoretical.

Key words: pile shaping end broadening method for determining rainfall, soil compaction zone, near soil space around the end of broadening.

В промышленно-гражданском строительстве на слабых структурно-неустойчивых грунтах широкое применение получили свайные фундаменты с уширениями. Практика строительства показывает, что для образования уширения поперечного сечения сваи в разных местах ствола (на конце, вверху, на теле сваи) используют различные способы [1–3]: разбуривание, вдавливание, раскатывание грунта, физико-химическое инъецирование, буровзрывной способ, использование разрядно-импульсной технологии, механического глубинного втрамбовывания, с помощью электро-гидравлического эффекта, втрамбовывание щебня, гравия и т. д.

В научных работах [1, 4–15] приведены результаты исследования формообразования и геометрических параметров уширений, изготовленных по различным вышеуказанным технологиям на конце готовых и набивных свай. Раскопки проводились после процесса твердения

материала и приобретения уширением структурно-устойчивой формы. Установлено, что уширения независимо от технологии изготовления имеют преимущественно развитие в вертикальном или горизонтальном направлении. При этом в поперечном сечении приобретают различную форму – усеченного конуса, эллипсоида, сферы, полусферы или цилиндра (см. рис. 1–7), что становится затруднительным при выборе расчетной схемы конструкции сваи в ходе проектирования. Природа формообразования концевых уширений сваи до конца не изучена, что зачастую приводит к широкому диапазону отличий и расхождений между расчетной моделью и реальной работой сваи.

Так, например, еще в 1947 г. А. А. Луга в своих работах [5] приводил иллюстрации свай системы Або – Лоренца с диаметром сваи 320 мм и уширения, называемого «грушевидным», $d_{уш} = 1000$ мм, образованного в результате механического разбуривания полости в грунте

и нагнетания бетонного раствора (рис. 1). Уточнение параметров «грушевидного» уширения на строительной площадке позволило выявить оптимальные диаметры «груши» с минимальными и максимальными параметрами в зависимости от диаметра ствола сваи, которые варьировались от 1,5 до 3,5 $d_{св}$. В современной практике проектирования и строительства «грушевидный» конец сваи называют сферическим.

В работе А. А. Григорян [4] предложено для буронабивных свай с уширенной пятой в форме усеченного конуса при вертикальном нагружении принимать в расчетной схеме окологрунтовое пространство в виде шаровой поверхности вокруг зоны уплотнения грунта с радиусом, определяемым по формуле:

$$R = r + \frac{1}{a} \ln \frac{\rho_{гр} - \rho_{гр}^0}{\rho_{гр}^1}, \quad (1)$$

$$a = \frac{1}{r \cdot \rho_{гр}^0} \left(\rho_{гр} - \rho_{гр}^0 + \sqrt{(\rho_{гр})^2 - (\rho_{гр}^0)^2} \right), \quad (2)$$

где r – радиус сваи, см.; a – коэффициент, определяется по формуле (2); $\rho_{гр}^1$ – разность плотностей до и после забивки сваи на границе зоны уплотнения грунта, $\rho_{гр}^1 = 0,01$ г/см³. Радиус зоны уплотнения R вокруг сваи при этом должен определяться исходя из следующих основных положений:

- погружение сваи в грунт происходило только за счет уплотнения грунта при отсутствии выпора; при этом грунт в объеме сваи вытесняется в стороны;
- на границе зоны уплотнения грунта разность $\rho_{гр}$ до и после задавливания равна 0,01 г/см³, то есть точности их лабораторного определения;
- масса скелета грунта в пределах некоторого цилиндрического объема грунта вокруг сваи до и после задавливания остается постоянной, что совпадает с данными работы.

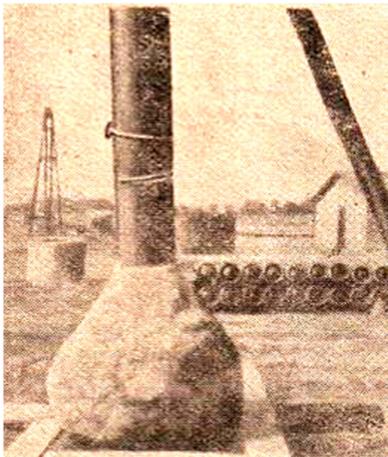


Рис. 1. Фото сваи Лоренца диаметром сваи 320 мм и диаметром сферического уширения 1000 мм (Лука А. А., 1947 г. [5])

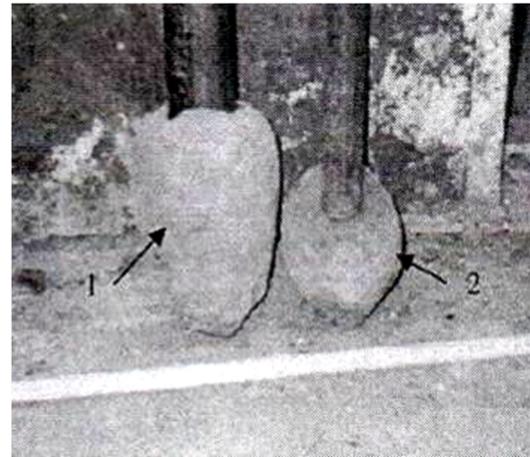


Рис. 2. Конструкции микросвай с вытрамбовываемыми уширениями из сухой цементно-песчаной смеси (Малышкин А. П., Есипов А. В., 2002 г. [7]): 1 – конусное уширение, 2 – сферическое уширение



Рис. 3. Иллюстрация буроналивной сваи с концевым уширением (Джантимиров Х. А., Рытов С. А., 2009 г. [15])



Рис. 4. Свая в грунтовом лотке с красящими изолиниями и концевым сферическим уширением, образованным нагнетанием силиката натрия (Купчикова Н. В., 2014 г. [12])

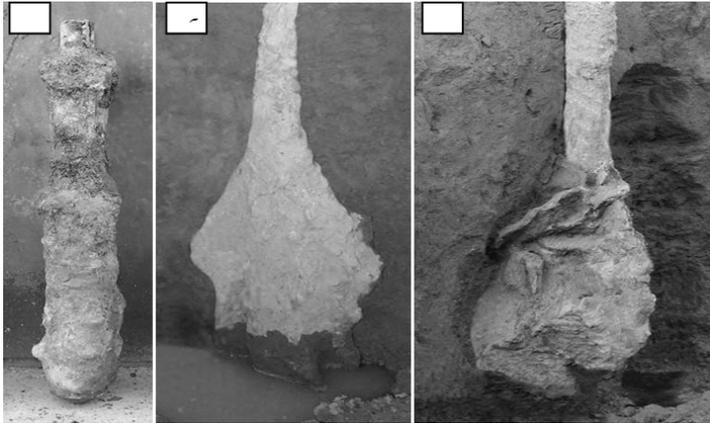


Рис. 5. Общий вид инъекционных свай с уширениями (Полищук А.И., Герасимов О. В., Петухов А. А., Андриенко Ю. Б., Нуйкин С. С. [13, 14])



Рис. 6. Общий вид буронабивной сваи с уширением в форме полусферы, образованным разбуhrиванием грунта расширителем

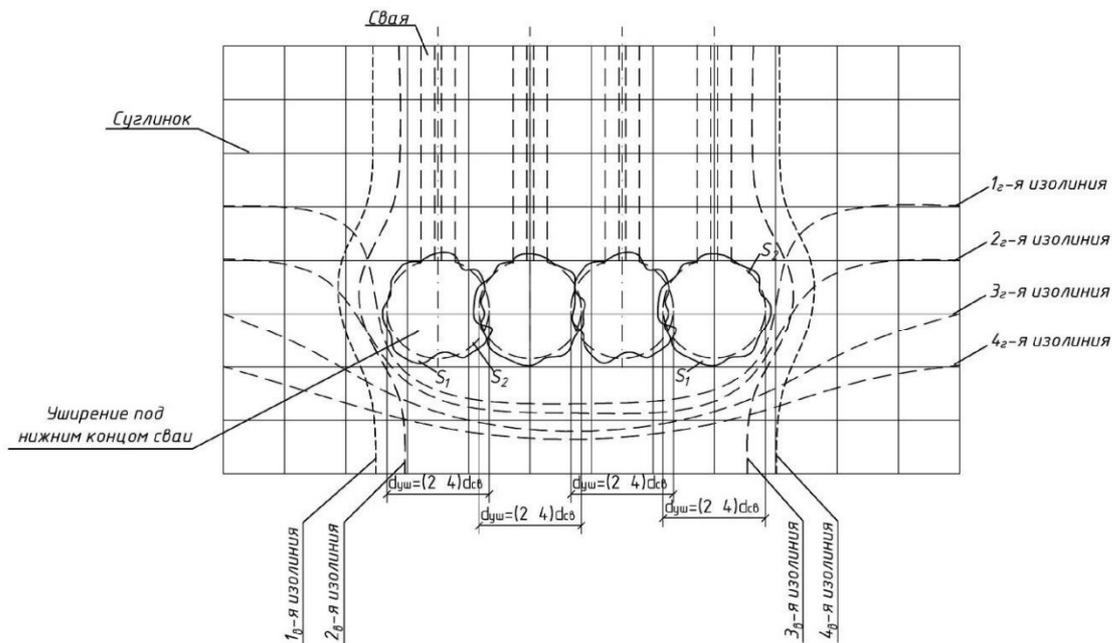


Рис. 7. Схематизация формoобразования сферических концевых уширений, образованных инъекцированием, и изгибных осей вертикальных и горизонтальных изолиний для группы свай в грунтовых лабораторных лотках

В работе по исследованию трубчатых микросвай с уширением в нижней части из втрамбованного жесткого материала в твердом, полутвердом и мягкопластичном суглинке [11] для изучения параметров уширения были распoпаны 24 опытные микросваи, с различными объемами щебня. В результате натурных замеров установлено, что форма уширений близка к форме эллипсоида вращения, а соотношение его полуосей находится в прямой зависимости от степени влажности грунта, объема единичных порций щебня, втрамбованного в нижнюю часть скважины. При этом уточнена формула определения радиуса эллипсоида:

$$r_{yш} = \sqrt[3]{\frac{3V_{щ.yш}}{4\pi\eta k_d}}, \quad (3)$$

где $V_{щ.yш}$ – объем щебня в уширении, м³; k_d – коэффициент уплотнения щебня; η – отношение между полуосями эллипса уширения (вертикальной к горизонтальной).

Автором проведены многочисленные экспериментальные исследования формoобразования уширений и зон уплотнения грунта в окoлосвайном пространстве под нижним концом буронабивных свай и свай-оболочек, полученных в результате втрамбовывания щебня. Установлено, что уширения приобретают форму эллиптического цилиндра, параметры которого напрямую зависели от диаметра обсадной трубы, физико-химических характеристик грунта, объема щебня и его фракции, что отражено в соответствующих графиках зависимостей [3].

Забивка полых стальных микросвай с порциальным втрамбовыванием сухой цементно-песчаной смеси в водонасыщенных глинистых грунтах (рис. 2) привела к образованию конусного уширения при условии незакрепленного ствола сваи (см. рис. 2, 1) и возможности при трамбовании незначительного вертикального ее перемещения. При жестком закреплении получается уширение сферической формы (см. рис. 2, 2), практически идеальных размеров [7].

Более того, проведенные экспериментально-теоретические исследования несущей способности и осадок микросвай показали, что область напряженно-деформированного состояния в обводненных грунтах развивается на глубину до шести диаметров уширения микросвай, что явилось влиянием зоны уплотненного грунта.

Однако в грунтах естественной влажности формообразование уширений и области НДС развиваются иным образом и по другим физическим параметрам. Особый интерес в данном аспекте представляют исследования автора работы [12] по образованию концевых уширений в результате нагнетания через трубы-инъекторы, установленные в теле сваи или закрепленные по бокам, физико-химических твердеющих растворов в мелкозернистых песках, полутвердых суглинках и глинах нормальной влажности. Значительным результирующим эффектом обладала методика исследования уплотнения грунта у основания и под нижним концом сваи при вертикальном загрузении с помощью фиксаторов – красящих изолиний (см. рис. 4) с фотографированием видимых изменений, что позволило с достаточной точностью и просто определить характер деформаций изолиний и природу формообразования уширения (рис. 7). Установлено, что в результате инъецирования уширение развивалось в горизонтальном направлении и имело сферическую форму, но с криволинейным очертанием, а зона изменения плотности грунта не превышала двух диаметров сваи от ее граней в боковые стороны и трех диаметров сваи под ее нижним концом. Значения радиуса зоны уплотнения грунта, определенные по показателям плотности в шурфах основания, полученные экспериментально, совпали с теоретическими их значениями.

В работах [13, 14] по совершенствованию способов устройства инъекционных свай из прокатных труб со съёмным наконечником, погружаемых вдавливанием и с последующим устройством уширения, образованного поэтапным нагнетанием мелкозернистой бетонной смеси в слабых глинистых грунтах, формирование уширения происходило также в горизонтальном направлении, но в форме усеченного конуса, с резко криволинейным очертанием

(см. рис. 5) и максимальным диаметром в расширенной части $d_{yш} = 1,75D_{св}$.

Форма уширения под свайей в виде усеченного конуса наблюдалась и при устройстве буроинъекционных свай с применением электроразрядной технологии в различных грунтовых условиях, общий вид которых представлен на рис. 3 [15–17].

Высокое качество правильной геометрии формы концевые уширения получают лишь в технологиях, где формирование уширения происходит путем нагнетания строительных растворов в оболочку, представляющую собой пакет свернутого листового металла (сваи типа «Сойлекс» [1]) или изготовленную из полимерного материала, помещаемого в забой скважины. После формирования сваи образуется ровная уширенная пятя в форме цилиндра с диаметром, превышающим диаметр ствола от трех до десяти раз. Однако в данных способах есть и свои недостатки: строительный материал уширенной пяты находится в пакете, поэтому не происходит требуемого сцепления материала уширения с грунтовым массивом по боковой поверхности и внизу.

Менее качественное изготовление уширения наблюдается в случае устройства так называемых свай с камуфлетной пятю, когда полость в нижней части скважины образуется в результате камуфлетного взрыва. В 1941 г. А. А. Луга описывал камуфлетную пятю как «грушевидное» уширение с требуемым радиусом груши, определяемым по формуле:

$$r_{yш} = 2,94 * 10^{-3} \sqrt[3]{\frac{W_э}{\chi}}, \quad (4)$$

где χ – эмпирический параметр, зависящий от степени связности и плотности грунта; $W_э$ – энергия, запасенная в конденсаторе, кДж.

Как уже было отмечено выше, в настоящее время «грушевидное» уширение в расчетной схеме принимается как сферическое, и способ его изготовления имеет ряд недостатков, которые значительно снижают область применения свай с камуфлетной пятю. Например, их нельзя использовать в условиях плотной городской застройки, и необходимы затраты на дополнительные организационные и технологические мероприятия, связанные со взрывными работами.

Форму полусферы, «лучеобразную» [1] или «перевернутой шляпы» [5, 6] имеют усиливающие элементы набивных и буронабивных свай, образованных путем разбуривания специальными бурами-расширителями или штангами – уширителями пантографного типа (см. рис. 6).

Следует отметить, что, несмотря на наличие нескольких методов определения осадки свай

с концевыми уширениями, нагруженных вертикальными нагрузками, проблема обоснованного построения расчетной модели, наиболее точно отражающей физику взаимодействия грунта и свай с уширениями, требует своего решения. Для построения расчетной модели необходимо обоснованно сформулировать ряд предпосылок, позволяющих с единых методологических позиций оценить силовое сопротивление осадке в грунте свай с уширениями.

Для построения такой расчетной модели анализ экспериментально-теоретических исследований позволяет принять предпосылку о расчетной схеме концевых уширений в зависимости от конструктивного решения свай, технологии ее погружения и устройства уширения, а также грунтовых условий, предлагаемых в таблице 1.

Рассмотрим апробированное решение задачи, предложенной в работах [4, 8] и дополненной коэффициентом, учитывающим форму концевого уширения (сферическую и цилиндрическую) в поперечном сечении.

Вокруг сферического уширения, или эллиптического цилиндра под нижним концом сваи, имеется объем грунта цилиндрической формы,

ось которого совпадает с осью сваи, вовлекаемый свайей в работу при ее погружении под нагрузкой (рис. 8).

Исходя из расчетных схем на рис. 8, имеем: слой зоны околосвайного уплотненного пространства вокруг концевого уширения $l_{упл} = r_{уп.гр.} - r_{уш.}$; сдвигаемый слой грунта вокруг уширения $l_{сдв.} = r_{сдв.} - r_{уш.}$.

Тогда средняя сдвигаемая площадь грунта в цилиндре размером $(r_{сдв.} - r_{уш.})$ может быть определена по формуле:

$$A_{ср} = 2\pi \left[(r_{сдв.} - r_{уш.}) / 2 \right] * h_{уш.}, \quad (5)$$

где $r_{сдв.}$ – радиус границы сдвигаемого грунта; $r_{уш.}$ – радиус уширения, $h_{уш.}$ – высота уширения.

При этом сдвиговая жесткость грунта вокруг уширения определяется равенством:

$$C_{ср} = G_{ср} A_{ср} = \pi G_{ср} (r_{сдв.} - r_{уш.}) * h_{уш.}, \quad (6)$$

а коэффициент его жесткости при сдвиге – равенством:

$$C_{сдв.} = C_{ср} A_{ср} / (r_{сдв.} - r_{уш.}) = \pi G_{ср} h_{ср} = \pi G_{ср} h_{уш.}, \quad (7)$$

Таблица 1

Рекомендации по подбору расчетных схем концевых уширений в зависимости от конструктивного решения свай, технологии ее погружения и устройства уширения, а также грунтовых условий

	Конструктивные решения свай и технология ее погружения	Способ устройства уширения	Расчетная схема концевого уширения, принимаемая для расчета	Область использования
1	Готовая конструкция ж/б свай любой формы и поперечного сечения, способ погружения – забивка, вдавливание, подмыв, погружение в предварительно пробуренную скважину	1. Нагнетание через инъекторы маловязких растворов (цементация, силикатизация, битумизация и т. д.)	Сферическое	Просадочные макропористые грунты [4, 10, 12]
		2. Глубинное вытрамбовывание полости в грунте	Эллиптический цилиндр	
2	Микросвая стальная полая, длиной 1000–3000 мм, готовая ж/б свая-оболочка, инъекционная свая. Способ погружения – забивка, вдавливание в предварительно сформированную скважину	Втрамбовывание сухой цементно-песчаной смеси при условии незакрепленного ствола сваи	Конусное	Рекомендуется в водонасыщенных суглинках и глинистых грунтах
		Втрамбовывание сухой цементно-песчаной смеси при жестком закреплении ствола сваи	Сферическое	
3	Буроопускная, набивная, буронабивная свая, свая-оболочка	1. Путем разбуривания специальными бурами-расширителями или штангами – уширителями пантографного типа	Эллиптический цилиндр, конусное или полусферическое (в зависимости от типа расширителя)	В различных грунтовых условиях, но при наличии тиксотропных грунтов следует определять их степень снижения прочностных характеристик. В случае залегания толщи песчаных грунтов оценить степень их уплотнения [1]
		2. Формование за счет глубинного уплотнения грунта трамбовкой	Эллиптический цилиндр	
		3. За счет ударов сердечника по бетонной смеси	Полусферическое	
		4. Втрамбовывание жесткого материала (щебень, гравий и т. д.)	Эллиптический цилиндр	
		5. Электроразрядная технология	Конусное, сферическое	
		6. Взрывной способ	Сферическое	Рекомендуется выполнять, когда нижняя часть сваи находится в устойчивом связном грунте

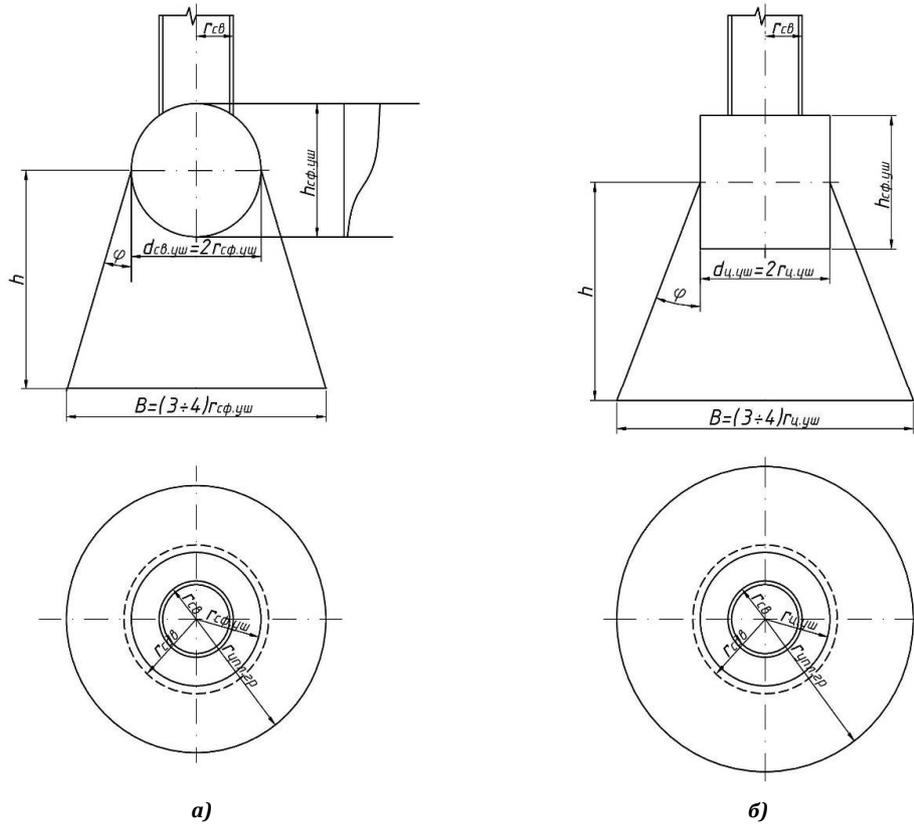


Рис. 8. Расчетная схема массива грунта, вовлекаемого сваями с концевым уширением в совместную с ней работу: а – сферическое уширение; б – цилиндрическое уширение

Можно также оценить реальную роль трения по длине сваи с концевым уширением, если сравнить ее осадку с осадкой обычной сваи аналогичной длины при одинаковой нагрузке, например, предельной для обычной сваи. Подтверждение этому можно увидеть на рис. 9, где $P_2/P_1 \ll 1$. Величины P_1 и P_2 соответствуют силам в сваях обычной и с уширением при одинаковых их осадках. При определении полученной оценки следует иметь в виду, что силы трения в обычной свае существенно превышают поддержку ее по нижнему концу. Иная ситуация в свае с уширениями (рис. 9); это объясняется, во-первых, существенным отпором концевое уширения, во-вторых, уменьшением длины свай, в силу чего снижается величина $F_{тр}$. Эти обстоятельства позволяют не учитывать в расчетной модели трение по боковой поверхности у свай с уширениями и принимать в расчет запас прочности.

В расчете влияние сжатия грунта под сваями на его жесткость примем расчетную высоту сжимаемого слоя h как расстояние между уширением с площадью $d^2_{уш}$ или, для круглого сечения сваи, $(\pi r^2_{уш})$ и основанием усеченной призмы с площадью в десять раз большей $10 \pi r^2_{уш}$, с наклоном грани под углом внутреннего трения φ .

Средняя по высоте площадь сжимаемого грунта $A_{ср} = \pi r^2_{уш} (1 + 10)/2$, коэффициент жесткости грунта на сжатие:

$$C_{сж} = E_{зр} A_{ср} / h_{уш} = E_{зр} 11 \pi r^2_{уш} / 2 h_{уш}, \quad (8)$$

Введем следующие коэффициенты:

- коэффициент формы $0,6 > k_{\varphi} > 1$, характеризующий устройство уширения определенной формы (сферической, эллиптического цилиндра, усеченного конуса, полусферы);
- $k_{уп.св} > 1$ – коэффициент характеризующий увеличение плотности грунта за счет его уплотнения при погружении сваи (определяется экспериментальным путем):

$$C_{сж} = 11 E_{зр} k_{уп.св} k_{\varphi} \pi r^2_{уш} / 2 h_{уш}, \quad (9)$$

Суммарная жесткость грунта по отношению к свае равна:

$$C_{\Sigma} = C_{сж} + C_{сдв}, \quad (10)$$

Осадка сваи с уширением определяется равенством $V = P/C_{\Sigma}$, причем на силу трения приходится $P_{тр} = C_{сдв} V$, на сжатие грунта под уширением $P_{сж} = C_{сж} V$.

Результат вычисления осадки сваи V , полученный теоретическим путем, представлен на графике (рис. 9).

Учет пластической работы сваи в формуле, описывающей ее осадку, был сделан в работах [4, 8] введением компенсирующего коэффициента:

$$R_{нл} = (1 - aP / P_{нр}) , \quad (11)$$

где a – эмпирический коэффициент, $a < 1$; $P_{нр}$ – предельное для грунта значение нагрузки.

Тогда имеем:

$$V = P / C_{\Sigma} (1 - aP / P_{нр}) , \quad (12)$$

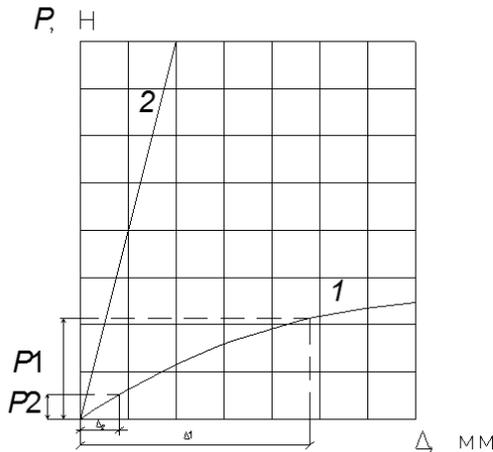


Рис. 9. Сравнение величин осадки Δ и сил P в обычной и со сферическими уширениями сваях:
 Δ – осадка свай, соответствующая расчетной для обычной сваи нагрузке $P = P_1$

Исследование показало, что результаты расчета и эксперимента дают близкие значения, причем отклонение графика «нагрузка-деформация» несущественно отличается от линейного на широком диапазоне деформирования для разных типов формообразования концевых уширений.

Выводы:

1. Выявлено, что геометрические параметры и формообразование уширений на конце готовых и набивных свай зависят от конструктивного решения сваи, технологии ее погружения и устройства уширения, физико-механических свойств материала уширения и грунтовых условий.

2. Концевое уширение сваи в своем большинстве принимает произвольную форму с неравномерным криволинейным очертанием.

3. Повышение несущей способности фундамента, увеличение зоны уплотнения, повыше-

Предельная нагрузка на сваи, характеристики грунта были взяты по данным натурных исследований на моделях в работах [3, 4, 10]. Экспериментальные данные по поведению готовой железобетонной сваи с уширением в виде сферы под ее нижним концом, полученным в результате нагнетания цементного раствора, и эллиптического цилиндра, образованного путем втрамбовывания щебня в нижний забой скважины для сваи-оболочки, были сопоставлены с теоретическим решением (см рис. 10).

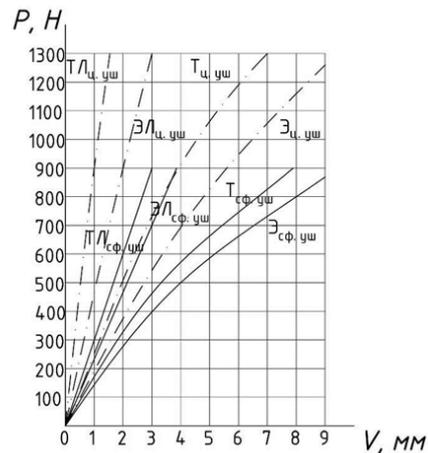


Рис. 10. Зависимость осадки свай с концевыми уширением и сферической и цилиндрической форм от действующей на нее вертикальной нагрузки:

$t_{ц,уш}$ – теоретическое решение для сваи с уширением в форме эллиптического цилиндра; $t_{сф,уш}$ – теоретическое решение для сваи со сферическим уширением; $э_{ц,уш}$ – экспериментальное решение для сваи с уширением в форме эллиптического цилиндра; $э_{сф,уш}$ – экспериментальное решение для сваи со сферическим уширением; $тл_{ц,уш}$ – теоретическое линейное для сваи с уширением в форме эллиптического цилиндра; $тл_{сф,уш}$ – теоретическое линейное для сваи со сферическим уширением; $эл_{ц,уш}$ – экспериментальное линейное для сваи с уширением в форме эллиптического цилиндра; $эл_{сф,уш}$ – экспериментальное линейное для сваи со сферическим уширением

ние прочности грунтовых массивов в околосвайном пространстве происходит за счет не только увеличения объемов концевое уширения, но и сцепления материала уширения с частицами грунта отдельными неровностями формы, что увеличивает площадь контакта с грунтом.

4. Эффективность устройства концевых уширений снижается с увеличением степени влажности грунта, за исключением специальных технологий устройства в обводненных грунтах с применением сухих смесей.

5. Обоснована расчетная схема концевых уширений в зависимости от конструктивного решения сваи, технологии ее погружения и устройства уширения, а также грунтовых условий.

6. Сравнение результатов расчета показало, что у свай с уширениями трение по боковой поверхности в расчетной модели можно не учитывать и принимать его действие в запас прочности.

Список литературы

1. Мангушев Р. А., Ершов А. В., Осокин А. И. Современные свайные технологии : учеб. пособие. М. : Изд-во АСВ, 2010. 239 с.
2. Штоль Т. М., Теличенко В. И., Феклин В. И. Технология возведения подземной части зданий и сооружений : учеб. пособие для вузов. Спец.: «Пром. и гражд. стр-во». М. : Стройиздат, 1990. 288 с.
3. Федоров В. С., Купчикова Н. В. Конструктивные решения свайных фундаментов с поверхностными и концевыми уширениями для структурно-неустойчивых оснований // Вестник гражданских инженеров. 2011. № 1. С. 88–91.
4. Купчикова Н. В. Исследование напряженно-деформированного состояния свайных фундаментов с концевыми и поверхностными уширениями в структурно-неустойчивых основаниях : дис. ... канд. техн. наук. М., 2010. 200 с. : ил.
5. Григорян А. А. Свайные фундаменты зданий и сооружений на просадочных грунтах : учеб. пособие. М. : Стройиздат, 1984. 157с.
6. Луга А. А. Свайные работы : учеб. пособие. М. : Трансжелдориздат, 1947.
7. Есипов А. В. Взаимодействие микросвай с грунтовым основанием при усилении фундаментов : дис. ... канд. техн. наук. Тюмень, 2002. 168 с. : ил.
8. Сапожников А. И. Модель и эффективные расчетные схемы грунтового полупространства // Изв. вузов. Сер.: Строительство. 1996. Вып. 4. С. 26–31.
9. Бондаренко В. М., Федоров В. С. Модели при решении технических задач // Перспективы развития строительного комплекса : материалы VIII Международной научно-практической конференции / ред. В. А. Гутман, Д. П. Ануфриев. Астрахань : ГАОУ АО ВПО «АИСИ», 2014. С. 262–267.
10. Купчикова Н. В. Численные исследования работы системы «свайное основание – усиливающие элементы» методом конечных элементов // Строительство и реконструкция. 2013. № 6 (50). С. 28–36.
11. Бабенко В. А. Трубчатые микросваи с уширением в нижней части из втрамбованного жесткого материала. : автореф. дис. ... канд. техн. наук. Днепропетровск, 1996. 24 с.
12. Новые строительные материалы и изделия. Региональные особенности производства : монография / Д. П. Ануфриев, Н. В. Купчикова, Н. А. Страхова [и др.] / Астраханский инженерно-строительный институт. М. : Изд-во АСВ, 2014. 200 с.
13. Способ устройства инъекционной сваи : пат. на изобретение № 2238366 Рос. Федерация: Е 02 D 5/34 / А. И. Полищук, О. В. Герасимов, А. А. Петухов, Ю. Б. Андриенко, С. С. Нуйкин ; заявл. 04.03.2003 ; опубл. 20.10.2004. Бюл. № 29.
14. Инъекционная свая : пат. на полезную модель № 87718 Рос. Федерация: Е 02Д 5/34 / А. И. Полищук, А. А. Тарасов, Р. В. Шалгинов ; заявл. 11.01.2009; опубл. 20.10.2009. Бюл. № 29.
15. Рытов С. А. Устройство буринъекционных свай с применением электроразрядной технологии в различных грунтовых условиях. : автореф. дис. ... канд. техн. наук. М., 2009. 21 с.
16. Rytov S. A. New geotechnical technologies // Proceedings of the 15th European Young Geotechnical Engineers Conference. Dublin, Ireland. 11–14 September 2002. P. 311–315.
17. Lemanza W., Lesmana A. Deep soil improvement technique using combined deep mixing and jet grouting method // Proc. 17th Int. Conf. on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering. Alexandria, Egypt, 5–9 October, 2009. P. 2439.

© Н. В. Купчикова

Ссылка для цитирования:

Купчикова Н. В. Методика деформационного расчета свай с концевыми уширениями в теории фоормообразования усиливающих элементов // Инженерно-строительный вестник Прикаспия : научно-технический журнал / Астраханский инженерно-строительный институт. Астрахань : ГАОУ АО ВПО «АИСИ», 2015. № 2 (12). С. 32–39.

УДК 624.042.3:621.87

ОБОСНОВАНИЕ НЕОБХОДИМОСТИ МОНИТОРИНГА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ НЕСУЩИХ КОНСТРУКЦИЙ КАРКАСА ПРОМЫШЛЕННОГО ЗДАНИЯ С КРАНОВЫМ ОБОРУДОВАНИЕМ ДЛЯ ОБЪЕКТИВНОЙ ОЦЕНКИ ЕГО ОСТАТОЧНОГО ЭКСПЛУАТАЦИОННОГО РЕСУРСА

*Т. В. Золина, Ш. А. Фейтуллаев**Астраханский инженерно-строительный институт*

Для объективной оценки остаточного эксплуатационного ресурса промышленного здания необходим постоянный мониторинг технического состояния несущих конструкций его каркаса, так как с течением времени в нем накапливаются дефекты и повреждения несущих конструкций, их узловых сопряжений и кранового оборудования. Одной из причин этого является тот факт, что при проектировании каркасов не учитываются боковые силы, возникающие при движении мостового крана с перекосом, величина которых значительно превосходит горизонтальные силы от торможения крановых тележек. В работе приведены результаты экспериментальных исследований и теоретических расчетов облегченных каркасов промышленных зданий с мостовыми кранами небольшой грузоподъемности на различные крановые нагрузки с учетом их динамического характера, при этом доказывается актуальность учета боковых сил при расчете каркасов, что позволит проектировать последние более надежно, гарантируя при этом их долговечность и безопасную эксплуатацию.

Ключевые слова: одноэтажное промышленное здание, мониторинг технического состояния несущих конструкций, динамические крановые нагрузки, остаточный эксплуатационный ресурс, надежность, долговечность, безопасная эксплуатация.