

УДК 627

## РАСЧЕТ ОСАДОК ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ СВАЙНОГО ФУНДАМЕНТА ПРИ ПОВЫШЕННЫХ НАГРУЗКАХ

**Клюев Кирилл Алексеевич**

студент

**Шарифуллина Асия Рафхатовна**

студент

**Хромова Анастасия Олеговна**

студент

Санкт-Петербургский политехнический университет им. Петра Великого  
Санкт-Петербург

*author@apriori-journal.ru*

**Аннотация.** После возведения здания фундамент начинает оседать под действием нагрузок. Осадка может привести к перекосу конструкции с последующим разрушением, особенно при повышенных нагрузках на фундамент. Чтобы этого избежать, и здание работало исправно, производится расчет осадки. В работе представлен альтернативный имеющимся расчет осадки фундамента.

**Ключевые слова:** свайные фундаменты; осадка; ростверк; повышенные нагрузки.

# SETTLEMENT COMPUTATION IN THE DESIGN PILE FOUNDATIONS UNDER INCREASED LOAD

**Kluev Kirill Alekseevich**

student

**Sharifullina Asiya Rafkhatovna**

student

**Khromova Anastasiya Olegovna**

student

Saint-Petersburg Politechnical University of Peter the Great, Saint-Petersburg

**Abstract.** After the construction of the building foundation begins to sag under the effect of loads. Draft might skew design with subsequent destruction, especially at high loads to the foundation. To avoid this, and the building work correctly calculated rainfall. This paper presents an alternative calculation available rainfall foundation.

**Key words:** pile foundations; settlement; pile cap; increased load.

Обзор современных работ и программ по свайным фундаментам приведен в статье [1].

СНиП 2.02.03-85 [2] предлагает определять упругую осадку  $s$ , м (см), ленточных свайных фундаментах с одно- и двухрядным расположением свай (при расстоянии между сваями 3-4 $d$ ) по формуле, приведенной в работе [3]

$$s = \frac{n(1-\nu^2)}{\pi E} \delta_0, \quad (1)$$

где  $n$  – погонная нагрузка на свайный фундамент, кН/м (кгс/см), с учетом веса фундамента в виде массива грунта со сваями, ограниченного: сверху – поверхностью планировки; с боков – вертикальными плоскостями, проходящими по наружным граням крайних рядов свай; снизу – плоскостью, проходящей через нижние концы свай;  $E$ ,  $\nu$  – значения модуля деформации, кПа (кгс/см<sup>2</sup>), и коэффициента Пуассона грунта в пределах сжимаемой толщи, определяемые для указанного выше фундамента в соответствии с требованиями СНиП 2.02.01-83;  $\delta_0$  – коэффициент, принимаемый по номограмме в зависимости от коэффициента Пуассона  $\nu$ , приведенной ширины фундамента  $\bar{b} = b/h$  (где  $b$  – ширина фундамента, принимаемая по наружным граням крайних рядов свай;  $h$  – глубина погружения свай) и приведенной глубины сжимаемой толщи  $H_c/h$  ( $H_c$  – глубина сжимаемой толщи) [3].

Выражение (1) определяет упругую осадку фундамента. В зависимости от величины действующей нагрузки  $q \leq 0,5q^*$  осадка сооружения бывает упругая  $\Delta_y$ , а, при нагрузке  $0,5q \leq q \leq q^*$  соответственно допредельная (пластическая)  $\Delta_{нл}$  при и предельная  $\Delta^*$  при  $q = q^*$ . При этом в начале в процессе забивки свай происходит упругое сжатие грунта под острием свая, которое создает предпосылки для образования уплотненного грунтового клина. Затем по мере увеличения нагрузки грунтовой клин сжимается и на последнем этапе раздвигает боковые области грунта. При этом возникает так называемый «стесненный выпор».

Для определения осадок фундамента при повышенных нагрузках используем инженерную кинематическую теорию контактного давления грунта [4, 5]. Величина предельной осадки основания под сооружением равна:

$$\Delta^* = K_{об} B \gamma B_{\phi}^2; \quad B = \frac{(\lambda_{на} - \lambda_0) \cdot tg^2(45^\circ + \frac{\phi}{2})}{K_a \cdot E_{нл} \cdot tg^2(45^\circ - \frac{\phi}{2})}, \quad (2)$$

где  $K_{об}$  – обобщенный коэффициент, учитывающий приближенность расчетной схемы;  $\lambda_{на}, \lambda_0$  – коэффициенты пассивного давления для гра-

ни уплотненного грунтового клина наклоненного под углом  $(45^\circ - \frac{\varphi}{2})$  к вертикали и коэффициент бокового давления покоя;  $E_{нл} = (0,6 - 0,8)E$  пластический модуль деформации грунта (меньшие значение относятся к слабым и рыхлым) грунтам,  $K_a$  – коэффициент анизотропии грунта.

Вычислив величину предельной осадки и интенсивности предельной нагрузки, можно определить значения пластической (неупругой) осадки при значениях нагрузки  $q \geq 0,5q^*$ .

$$\Delta_{нл} = \Delta^* \left( \frac{q}{q^*} \right)^n, \quad (3)$$

где  $n$  – показатель степени ( $n = 1 - 3$ ). При  $n = 1$  имеет место линейная зависимость.

Расчетная схема предельного состояния грунта под условным грунтовым фундаментом приведена на рис. 1.

Пример. Требуется определить осадку двухрядного свайного фундамента девяти этажного кирпичного здания. Сваи сечениям 30 x 30 см, длина 11 м, ширина ростверка 110 см. Фактическая нагрузка на сваю 320 кН/м, нагрузка на фундамент 533 кН/м. Грунты: суглинок мягкопластичный, плотность  $\gamma = 19,1$  кН/м<sup>3</sup>; коэффициент пористости 0,84; показатель консистенции 0,57;  $\varphi = 19^\circ$ ; сцепление 0,017 МПа; модуль деформации  $E = 8$  МПа;  $E_{нл} = 0,6E$ .

Решение. Из уравнения (2) получим предельное смещение грунтового основания под подошвой свайного фундамента низкого ростверка:

$$\Delta^* = K_{об} B \gamma B_{\phi}^2 = 2,5 \cdot 0,00165 \cdot 19,1 \cdot 1,21 = 0,1 \text{ м.}$$

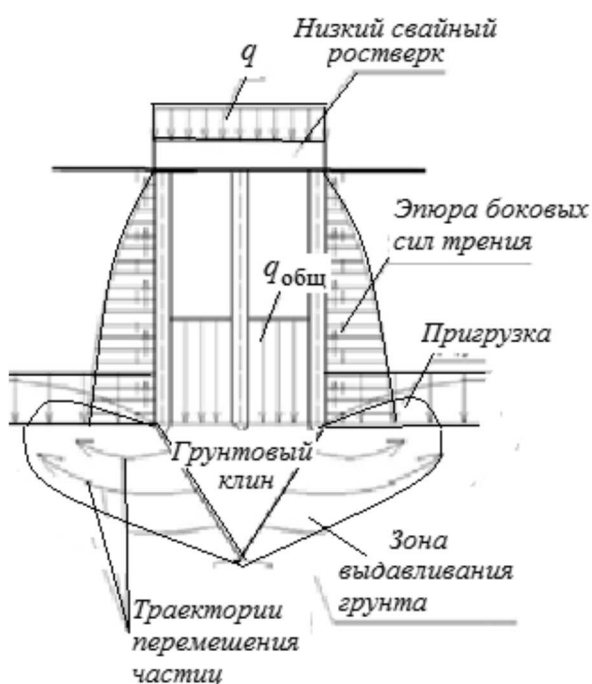
Величина осадки ростверка от  $q = 533$  кН/м при  $q^* = 1652,3$  кН/м равна:

$$\Delta_{нл} = 0,1 \cdot 0,32 = 0,032 \text{ (при } n = 1\text{)}.$$

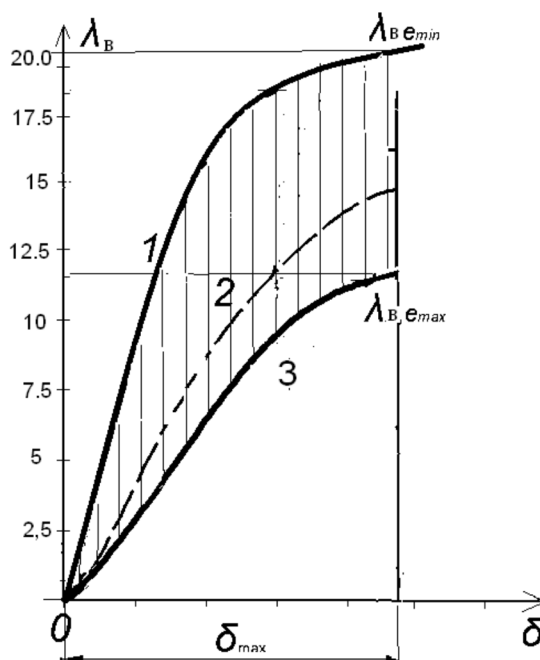
Замеры осадок (без учета влияния соседнего фундамента) составили [2]:

$$\Delta = 0,052 - 0,0196 = 0,0324 \text{ м.}$$

Задаваясь предельной величиной смещения на фундамент сооружения можно из уравнения (3) получить требуемую нагрузку.



**Рис. 1. Расчетная схема к определению предельных осадок условного свайного фундамента**



**Рис. 2. Область изменения безразмерной диаграммы деформирования функции вертикального давления несвязного грунта при изменении его плотности: 1 – уплотненный грунт; 2 – грунт промежуточной плотности; 3 – рыхлый грунт**

Введем степенную функцию вертикального давления (ФВД), обозначаемую  $\lambda_B(\delta)$ , которая описывает безразмерную диаграмму вертикального деформирования грунта под фундаментом. Поскольку при определении  $\lambda_B(\delta)$  считается, что вертикальная предельная нагрузка вызывает пассивное давление на сторонах клина уплотнения (условных грунтовых стенках), то в ее выражения входят известные коэффициенты бокового давления грунта

$$\lambda_B(\delta) = (\lambda_{па} - \lambda_{аа})\delta^n,$$

где  $\lambda_{па}$ ,  $\lambda_{аа}$  – табулированные в технической литературе коэффициенты пассивного и активного давлений для условной грунтовой стенки наклонной к вертикали под углом  $(45^\circ - \frac{\varphi}{2})$  (рис. 2);  $n$  – показатель степени, учитывающий характер кривизны функции, принимаемый для рыхлых и слабых грунтов – 0,5, для плотных соответственно – 0,25.

Приняв  $\delta^n = 1$  получим предельное значение ФВД

$$\lambda_{в} = (\lambda_{па}/\lambda_{аа}).$$

Характер изменения функции вертикального давления  $\lambda_{в}(\delta)$  для фундамента мелкого заложения, нагруженного вертикальной силой, на уплотненном ( $\varphi = 40^\circ$ ) и рыхлом ( $\varphi = 40^\circ$ ) песчаном основании приведен на рис. 2.

Определив  $\Delta^*$  из уравнения (2) можно легко построить график зависимости давления на свайный фундамент вплоть до предельной нагрузки по грунту в абсолютных величинах, используя безразмерные кривые (рис. 2).

Вывод. Предложено инженерное решение для определения осадки условного свайного фундамента с использованием безразмерной кривой деформирования грунта от нагрузки. Показана удовлетворительная сходимость с данными натурного измерения осадки свайного фундамента.

## Список используемых источников

1. Безволев С.Г. Проектирование и расчеты оснований и фундаментов высотных зданий в сложных инженерно-геологических условиях // Развитие городов и геотехническое строительство. 2007. № 11. С. 98-118.
2. СП 24.13330.2011 Свод правил. Свайные фундаменты. Pile foundations. Актуализированная редакция СНиП 2.02.03-85.
3. Бартоломей А.А. Прогноз осадок свайных фундаментов. М.: Стройиздат, 1994. 390 с.
4. Коровкин В.С. Расчет бетонных камер судоходных шлюзов. СПб.: СПбГПУ, 2010. 64 с.
5. Коровкин В.С. Расчет эксплуатируемых причальных сооружений с учетом реологических свойств оснований и суровых климатических условий континентального шельфа. СПб.: Изд. Политех. ун-та, 2013. 88 с.