

## **РАСЧЕТ ОСАДОК СВАЙНОГО ФУНДАМЕНТА С УЧЕТОМ МИРОВОГО И ОТЕЧЕСТВЕННОГО ОПЫТА СТРОИТЕЛЬСТВА**

**Полещук Е. В., Нудный С. А.**

Научный руководитель – Сороко Р. А.

Белорусский национальный технический университет  
Минск, Беларусь

**Аннотация.** В статье становится задача рассмотреть действующие методы расчета осадки свайных фундаментов. На основании анализа действующих методик, предлагается наиболее учитывающий грунтовые условия строительной площадки метод.

### **Введение**

Как правило свайные фундаменты проектируются при наличии слабых грунтов у поверхности или в пределах сжимаемой толщи. Тем временем сваи передают нагрузку от здания к заглубленным более прочным слоям основания. В XX веке наметилась тенденция повышения этажности зданий. Что в свою очередь повышает нагрузки, передаваемые на основание, а также осадки сооружений. Эти обстоятельства обуславливают более широкое применение свайных фундаментов, даже при наличии у поверхности достаточно прочных грунтов. Применение свай в указанных условиях обязывает искать новые пути повышения эффективности свайных фундаментов, среди которых является важным уточнение методов расчета. Для расчета осадок свайного фундамента существует множество способов. Действующие способы определения осадок свайного фундамента имеют свои преимущества и недостатки. Что является немаловажным, в них не в полной мере учитывают грунтовые условия строительной площадки, а также недостаточно внимания уделено вопросу взаимодействия свай в группе.

Основным методом расчета свайных фундаментов в Республике Беларусь является метод послойного суммирования [1]. Сущность метода заключается в определении осадок элементарных слоев ос-

нования в пределах сжимаемой толщи от дополнительных вертикальных напряжений  $\sigma_{zp}$ , возникающих от нагрузок, передаваемых сооружениям. Для упрощения расчетной схемы свайный фундамент приводится к условному массиву. Основным недостатком данного метода является то, что в нем не учитывается взаимное влияние свай в кусте, шаг, длина и количество свай, которые оказывают значительное влияние на осадку.

В мировой практике используется метод, в котором сваи с грунтом рассматриваются как армированный массив. Основной характеристикой армированного массива является модуль деформации, который вычисляется как средний модуль деформации грунта и свай. Недостатком метода является завышенное значение модуля деформации.

Альтернативный способ расчета осадок предложен в [2]. В Российской Федерации расчет ведется методом, в котором учитывается взаимное расположение свай в группе, их длина, шаг. Осадка одиночной сваи определяется с учетом модуля сдвига, а для определения осадки группы свай представлены новые методики. Так же введены пределы применимости – осадки малой группы ( $n \leq 25$ ) и большого свайного поля определяются по-разному. При расчете осадок малой группы свай необходимо учитывать их взаимное влияние. Расчет осадки  $i$ -й сваи в группе из  $n$  свай при известном распределении нагрузок между сваями производится по формуле:

$$S_i = S(N_i) + \sum_{j=1}^n \delta_{ij} \frac{N_j}{G_1 l},$$

где  $S(N)$  — осадка одиночной сваи;

$\delta_{ij}$  — коэффициенты, рассчитываемые в зависимости от расстояния между  $i$ -й и  $j$ -й сваями;

$N_j$  — нагрузка на  $j$ -ю сваю.

$$S(N_i) = \beta \frac{N}{G_1 l}$$

$N$  - вертикальная нагрузка, передаваемая на сваю;

$\beta$  - коэффициент, определяемый по формуле:

$$\beta = \frac{\beta'}{\lambda_1} + \frac{1 - \beta'/\alpha'}{\chi}$$

$\beta' = 0,17 \ln(k_v G_1 l / G_2 d)$  - коэффициент, соответствующий абсолютно

жесткой свае;

$\alpha' = 0,17 \ln(k_{v1}l/d)$  - тот же коэффициент для случая однородного основания с характеристиками  $G_1$  и  $v_1$ ;

$\chi = EA/G_1 l^2$  - относительная жесткость сваи;

EA - жесткость ствола сваи на сжатие, МН;

$\lambda_1$  - параметр, характеризующий увеличение осадки за счет сжатия ствола;

$k_v, k_{v1}$  - коэффициенты, определяемые по формуле:

$k_v = 2,82 - 3,78v + 2,18v^2$ , при  $v = (v_1 + v_2)/2$  и при  $v = v_1$ .

Для определения осадки свай используется коэффициент, учитывающий влияние группового эффекта на осадку свай (табл. 7.19 [3]).

Анализ проведенных до настоящего времени результатов исследований напряженно-деформированного состояния грунта в основании свай и их предельных сопротивлений показал, что деформативность сваи в составе группы существенно отличаются от деформативности одиночной сваи. Однако вопрос взаимодействия свай в группе до настоящего времени недостаточно изучен и не учитывается в должной мере действующими нормативными документами.

Таблица 1. – Сравнение результатов расчета осадки свайного фундамента по [1] и его актуализированной редакции [2]

Метод	Количество свай	$S_i$ , мм			
		$l=5$ м		$l=15$ м	
		$a=0,9$ м	$a=2,1$ м	$a=0,9$ м	$a=2,1$ м
ТКП	1	0,39		0,21	
	9	5,93	3,86	3,19	2,03
СП	1	0,39		0,21	
	9	1,172	0,9126	0,914	0,6615

Для расчета по [1] был использован программный комплекс «Фундамент 13.3». Предпосылки расчета:  $d=0,3$  м – диаметр сваи,  $l=5;15$  м – длина сваи,  $E=13$  Мпа – модуль упругости грунта,  $h*b=2,1*2,1$ ;  $4,5*4,5$  м – размеры фундаментов в плане,  $a=0,9$ ;  $2,1$  м – расстояние между сваями. Для расчета по [2] при определении осадки одной сваи был использован программный комплекс

«Фундамент 13.3», для определения осадки группы свай был использован п.7.4.7 и таблица 7.19 [3]. Расчет:

$$S_{5,9}^{3d} = S_1 * R_s = 0.39 * 3.006 = 1.172 \text{ мм}$$

$$S_{15,9}^{3d} = S_1 * R_s = 0.21 * 4.35 = 0.914 \text{ мм}$$

$$S_{5,9}^{7d} = S_1 * R_s = 0.39 * 2.34 = 0.913 \text{ мм}$$

$$S_{15,9}^{7d} = S_1 * R_s = 0.21 * 3.15 = 0.662 \text{ мм}$$

На основании этого, можно заключить, что эффективным, будет метод определения осадки свайного фундамента, в котором осадка одиночной сваи берется не из таблиц нормативных документов, где записано осредненное значение по результатам большого количества испытаний статической нагрузкой, а по результатам испытаний свай перед массовой забивкой, на конкретном строительном объекте. Для каждого здания и сооружения перед массовой забивкой свай необходимо испытать определенное количество свай статической нагрузкой: 0.5-1% - для зданий II уровня ответственности, 2% - для зданий I уровня ответственности.

При испытании одиночной сваи статической нагрузкой для неё будет полностью учтена схема взаимодействия сваи с грунтом, учтены технологические особенности изготовления свай, грунтовые условия строительной площадки и перераспределение нагрузки между сваями.

Так же эффективно окончательный расчет производить по испытаниям свай с учетом коэффициента группового эффекта ( $K_{гр}$ ,  $R_s$ ). В белорусских нормах такой показатель отсутствует, значит тема является актуальной, так как она позволяет уточнить методику расчета и повысить надежность и экономичность проектных решений.

### **Заключение**

Методы определения осадки свайных фундаментов, реализованные в действующих на данный момент нормативных документах, не в полной мере учитывают грунтовые условия и технологические особенности изготовления свай, в некоторых случаях более рациональным является расчет осадки свайных кустов с использованием данных по осадке одиночной сваи со строительной площадки и коэффициента группового эффекта.

## **Литература**

1. ТКП 45-5.01-254-2012 «Основания и фундаменты зданий и сооружений. Основные положения. Строительные нормы проектирования».
2. СП 24.13330.2011 «Свайные фундаменты».
3. СП 50-102-2003 «Проектирование и устройство свайных фундаментов».