

**К УЧЕТУ ВЗАИМОВЛИЯНИЯ ГОРИЗОНТАЛЬНО
НАГРУЖЕННОЙ ОДИНОЧНОЙ ПИРАМИДАЛЬНОЙ СВАИ И
ЕЕ НИЗКОГО РОСТВЕРКА ПРИ ИХ СОВМЕСТНОЙ РАБОТЕ
С ГРУНТОВЫМ ОСНОВАНИЕМ**

Матус Ю.В. (*Одесская государственная академия строительства
и архитектуры, г. Одесса*)

Приведена методика учета взаимного влияния составных элементов горизонтально нагруженного фундамента – одиночной пирамидальной, с углом сбег боковых граней 5...13°, сваи и низкого ростверка при их совместной работе с грунтовым основанием.

Теоретическое определение параметров совместной работы с грунтовым основанием отдельных частей горизонтально нагруженного фундамента – низкого ростверка одиночной пирамидальной сваи и самой сваи приведено в работах автора [1] и [2], дальнейшим развитием материала которых и является данная статья.

В месте сопряжения сваи и ростверка действуют внешняя, активная горизонтальная сила \bar{F}_h , приложенная на высоте H над горизонтальной плоскостью сопряжения и внутренние силы – равнодействующая горизонтальных реактивных сил сопротивления подвижного грунтового основания горизонтальному перемещению подошвы ростверка F_{sr} , действующая в плоскости сопряжения, и равнодействующая R_β , действующих по подошве ростверка, вертикальных реактивных сил сопротивления основания повороту ростверка. Сила R_β , приложенная с плечом ε_β относительно вертикальной оси сваи, создает реактивный момент M_β . Учет реактивных сил приводит к изменению величин внешних сил и точек их приложения.

Если игнорировать сопротивление грунтового основания горизонтальному сдвигу подошвы ростверка, то горизонтальная

нагрузка, действующая на сваю как на составной элемент фундамента, $F_{h, св}$ равна полной величине внешней нагрузки \bar{F}_h , приложенной к фундаменту.

Реактивный момент M_β , создаваемый вертикальными силами сопротивления основания повороту ростверка, изменяет внешнюю моментную нагрузку, что приводит к уменьшению действительной высоты H приложения горизонтальной нагрузки на величину ΔH , которую можно определить по формуле

$$\Delta H = \frac{M_\beta}{F_{h, св}}. \quad (1)$$

Условие равенства перемещений составных частей фундамента в месте их сочленения запишем в виде уравнения неразрывности перемещений в форме равенства тангенсов углов поворота сваи и ростверка

$$\operatorname{tg} \beta_{св} = \operatorname{tg} \beta_p. \quad (2)$$

Тангенс угла поворота ростверка найдем из выражения (формула (2) [2])

$$\operatorname{tg} \beta_p = \frac{2 p_\beta}{\bar{K}_\beta \cdot \ell_p}, \quad (3)$$

где p_β – максимальное краевое давление под подошвой ростверка;
 \bar{K}_β – коэффициент постели при неравномерном сжатии основания низкого ростверка в вертикальном направлении;

ℓ_p – размер подошвы ростверка в направлении действия горизонтальной нагрузки.

Максимальное краевое давление под подошвой ростверка можно найти по выражению

$$p_\beta = \frac{M_\beta \cdot \ell_p}{2I_p} \quad (4)$$

где I_p – момент инерции подошвы ростверка.

Подставляя выражения M_β и p_β из формулы соответственно (1) и (4) в формулу (8), после несложных преобразований получаем

$$\operatorname{tg} \beta_p = \frac{2F_{h, св} \cdot \Delta H}{\bar{K}_\beta \cdot I_p} \quad (5)$$

Тангенс угла поворота сваи при прямоугольной эпюре коэффициента постели при неравномерном сжатии основания сваи в горизонтальном направлении определим по формуле (формула (14) [1])

$$\operatorname{tg} \beta_{св} = \frac{6F_{h, св}}{\bar{K}_u \ell (6\ell_0 \Phi_1 - \ell \Phi_3) \cos \alpha} \quad (6)$$

где \bar{K}_u – коэффициент постели при неравномерном сжатии основания сваи в горизонтальном направлении;

ℓ – длина сваи;

ℓ_0 – глубина расположения нулевой точки;

Φ_1, Φ_3 – геометрические параметры сваи (см. [1]);

α – угол сбегания боковых граней сваи.

Теперь уравнение (2) примет вид

$$\frac{2F_{h, св} \cdot \Delta H}{\bar{K}_\beta \cdot I_p} = \frac{6F_{h, св}}{\bar{K}_u \ell (6\ell_0 \Phi_1 - \ell \Phi_3) \cos \alpha} \quad (7)$$

Отсюда следует, что

$$\Delta H = \frac{3I_p}{\ell (6\ell_0 \Phi_1 - \ell \Phi_3) \cos \alpha} \cdot \frac{\bar{K}_\beta}{\bar{K}_u} \quad (8)$$

Из приведенной формулы следует, что между соотношением коэффициентов \bar{K}_β и \bar{K}_u , и изменением высоты ΔH имеет место прямая пропорциональность. Таким образом, с ростом величины

соотношения коэффициентов постели глубина местоположения точки нулевых перемещений (т.н.п.) будет увеличиваться и наоборот.

Подставив в выведенное уравнение значение глубины т.н.п. (формула (16) [1]), после проведения элементарных преобразований получим

$$\Delta H = \frac{3\bar{K}_\beta \cdot I_p (\ell \Phi_3 - 6H \Phi_1)}{\ell^3 \bar{K}_u (6\Phi_1 \Phi_4 - \Phi_3^2) \cos \alpha - 18\bar{K}_\beta I_p \Phi_1}, \quad (9)$$

где Φ_4 – геометрический параметр сваи (см. [1]).

Из этой формулы наглядно видно, что изменение высоты приложения внешней нагрузки ΔH зависит только от геометрических параметров как сваи, так и подошвы низкого ростверка, от действительной высоты приложения внешней горизонтальной нагрузки и от значений коэффициентов постели основания сваи \bar{K}_u и ростверка \bar{K}_β .

При учете сопротивления основания сдвигу подошвы ростверка нагрузку на сваю определим из выражения

$$F_{h,ce} = \bar{F}_h - \bar{F}_{s,r}. \quad (10)$$

Приведенная высота приложения горизонтальной нагрузки при этом составит

$$H' = \frac{\bar{F}_h \cdot H}{F_{h,ce}}. \quad (11)$$

При учете трения подошвы ростверка о грунтовое основания изменение высоты приложения внешней горизонтальной нагрузки H из-за действия реактивного момента $\Delta H'$ определяется по вышеприведенным формулам при замене в них параметра H на $\Delta H'$.

При этом изменение высоты приложения внешней нагрузки можно найти по формуле

$$\Delta H' = H - \frac{\bar{F}_h \cdot H - M_\beta}{F_{h, св}}, \quad (12)$$

или

$$\Delta H' = \frac{M_\beta}{F_{h, св}} + \frac{F_{s, r} \cdot H}{F_{h, св}}. \quad (12, a)$$

Далее учитывая, что сопротивление $F_{s, r}$ равно произведению равнодействующей R_β на коэффициент трения подошвы ростверка о грунт μ_p и что в тоже время равнодействующая R_β есть частное от деления реактивного момента M_β на плечо e_β , выражение (12, а) получает вид

$$\Delta H' = \frac{R_\beta}{F_{h, св}} (e_\beta + \mu_p H). \quad (13)$$

Обычно в практике проектирования фундаментов под распорные сооружения сельскохозяйственного назначения, значение второго члена в скобках этого уравнения составляет менее 4% от первого, то есть вторым членом можно в запас устойчивости пренебречь и принимать $\Delta H'$ равной ΔH , определенной по формуле (11), что существенно упрощает выкладки по расчету фундамента.

Вывод

Взаимовлияние друг на друга горизонтально нагруженной одиночной пирамидальной сваи и низкого ростверка может быть учтено при помощи уравнения, описывающего неразрывность перемещений элементов фундамента в месте их сопряжения.

Литература

1. Матус Ю. В. Теоретическое определение параметров совместной работы с грунтовым основанием горизонтально нагруженной одиночной пирамидальной сваи. – Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури. Випуск № 2, 2000. – С. 106-112.
2. Матус Ю.В. Теоретическое определение параметров совместной работы с грунтом основания низкого ростверка горизонтально нагруженной одиночной пирамидальной сваи. – Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури. Випуск № 8, 2002. – С. 126-132.