

ОСНОВНОЙ ВНУТРЕННИЙ ФАКТОР СОВМЕСТНОЙ РАБОТЫ С ГРУНТОВЫМ ОСНОВАНИЕМ ГОРИЗОНТАЛЬНО НАГРУЖЕННОЙ ПИРАМИДАЛЬНОЙ СВАИ

Матус Ю.В.

На основе анализа теоретических решений, описывающих совместную работу с грунтовым основанием горизонтально нагруженной пирамидальной сваи, установлено, что основным внутренним фактором является глубина местоположения точки нулевых перемещений.

Выясним какой из внутренних факторов – глубина местоположения т.н.п. или форма эпюры коэффициента постели при неравномерном сжатии основания сваи в горизонтальном направлении является основным.

В качестве примера исследуем теоретическую зависимость глубины т.н.п. от остальных внешних и внутренних факторов для случаев, описываемых линейными эпюрами изменения коэффициента постели по глубине /1/. При этом свая рассматривается как жесткая фундаментная конструкция,

находящаяся на линейно-деформируемом основании. В целях упрощения дальнейших зависимостей, которые предстоит изучить, введем следующие соотношения между основными параметрами расчетной схемы:

$$\theta = l_0/l; \quad (1)$$

$$\eta = H/l; \quad (2)$$

$$\xi = (d_{y,0} - d_{y,l})/d_{y,0}; \quad (3)$$

$$\psi = (K_{u,0} - K_{u,l})/K_u; \quad (4)$$

где q – относительная глубина т.н.п.;
 η – относительная высота приложения горизонтальной нагрузки;
 ξ – относительное изменение ширины рабочей грани сваи;
 ψ – относительное изменение абсциссы эпюры коэффициента постели.
 l – длина сваи;
 $d_{y,0}, d_{y,l}$ – ширина рабочей грани сваи в уровнях соответственно поверхности грунта и у острия сваи;
 l_0 – глубина расположения точки нулевых перемещений (т.н.п.);
 H – высота приложения горизонтальной нагрузки относительно поверхности грунта;
 $K_{u,0}, K_{u,l}$ – абсциссы линейной эпюры коэффициента постели в уровнях соответственно поверхности грунта и острия сваи;
 K_u – абсциссы линейной эпюры коэффициента постели в уровне поверхности грунта (при треугольной с вершиной вверху эпюре) и для остальных эпюр – в уровне острия сваи.

Тангенс угла сбега рабочей грани сваи определяется по формуле

$$\operatorname{tg} a = (d_{y,0} - d_{y,l})/2l,$$

которая после подстановки выражения для разности $d_{y,0} - d_{y,l}$ из формулы (3) принимает вид

$$\operatorname{tg} a = 0,5 \times \zeta d_{y,0}/l; \quad (5)$$

Параметр k , характеризующий наклон боковой стороны эпюры $K_{u,z}$ находится из выражения (2) /1/, сопоставив которое с формулой (4), можно записать

$$\psi = k \cdot l; \quad (6)$$

Рассмотрим пределы изменения численных значений параметров ζ и ψ . Так как ширина рабочей грани сваи в уровне поверхности грунта обычно изменяется в интервале от 0,6 до 0,8 м, а ширина грани у острия составляет, как правило, 0,1 м, то значения относительного изменения ширины рабочей грани находятся в пределах от 0,833 до 0,875. В связи с тем, что диапазон изменения длины сваи составляет от 2 до 3 м, а величина параметра k эпюры распределения коэффициента постели $K_{u,z}$ по результатам обработки экспериментальных данных изменяется в пределах от 0,08 до – 0,08, то

абсолютная величина относительного изменения абсциссы эпюры распределения коэффициента постели по глубине ξ , находится в интервале от 0,16 до 0,32. Пределы же изменения относительной высоты приложения горизонтальной нагрузки η примем от $+\infty$ до $-\infty$.

Подставляя в формулы (15)... (21)/1/ вместо $l_0, H, \operatorname{tg}\alpha$ и k соответствующие выражения для этих параметров, полученные из формул (1), (2), (5) и (6), получим нижеприведенные формулы для определения относительной глубины местоположения т.н.п. в зависимости от характера распределения по глубине коэффициента постели:

а) при треугольной эпюре с вершиной треугольника внизу

$$\theta = \frac{\eta(1 - 0,5\xi) + 0,5 - 0,3\xi}{\eta(3 - \xi) + 1 - 0,5\xi}; \quad (7)$$

б) при остальных эпюрах линейного распределения коэффициента постели по глубине

$$\theta = \frac{\eta(3 - 2\xi + \psi - 0,5\psi\xi) + 2 - 1,5\xi + 0,5\psi - 0,3\psi\xi}{\eta(6 - 3\xi + 3\psi - \psi\xi) + 3 - 2\xi + \psi - 0,5\psi\xi}; \quad (8)$$

Выражения (7) и (8) суть дробно-линейные функции, график каждой из которых представляет собой равностороннюю гиперболу, у которой центр смещен из начала координат и действительная ось которой составляет с осью η угол $+45^\circ$.

На рис. 1 представлены графики зависимости относительной глубины местоположения т.н.п. θ от относительной высоты приложения горизонтальной нагрузки η при изменении коэффициента постели по прямоугольной ($\psi = 0$) и треугольным эпюрам с вершинами треугольников как вверху ($\psi = -1$), так и внизу ($\psi = 1$). График $\theta = f(\eta)$ при любой трапецеидальной эпюре коэффициента постели размещается между соответствующей парой графиков, один из которых построен при прямоугольной, а другой при треугольной эпюре $K_{u,z}$ с вершиной треугольника в уровне расположения меньшего основания трапецеидальной эпюры.

Как правая, так и левая ветвь любого графика имеют по одной точке, принадлежащей одновременно всем графикам, построенным при конкретном значении ξ , при любом линейном законе распределения $K_{u,z}$ по глубине. Координаты этих общих для всех графиков "узловых" точек независят от вида эпюры распределения коэффициента постели по глубине и их можно определить из уравнений:

$$(3 - 3\xi + 0,5\xi^2) \eta^2 + (3 - 3,2\xi + 0,6\xi^2) \eta + 0,5 - 0,6\xi + 0,15\xi^2 = 0; \quad (9)$$

$$(3\xi - 0,5\xi^2 - 3) \theta^2 + (3 - 3,2\xi + 0,6\xi^2) \theta - 0,5 + 0,6\xi - 0,15\xi^2 = 0; \quad (10)$$

Пределы значений координат η и θ “узловых” точек (при изменении ξ от 0,833 до 0,875) составляют:

а) для правой ветви

$$\eta = -0,170 \dots -0,171 \text{ и } \theta = 0,700 \dots 0,706;$$

б) для левой ветви

$$\eta = -0,700 \dots -0,706 \text{ и } \theta = 0,170 \dots 0,171.$$

Так как одному и тому же значению глубины т.н.п. могут соответствовать несколько качественно различных эпюр коэффициента постели основания сваи и, учитывая так же условность и недостатки присущие самому коэффициенту постели, приходим к выводу, что основным внутренним фактором совместной работы с грунтовым основанием горизонтально нагруженной пирамидальной сваи является глубина местоположения т.н.п. Именно этот фактор самым существенным образом влияет на выбор расчетной схемы фундамента и предопределяет характер смещения сваи и напряженно-деформируемое состояние основания.

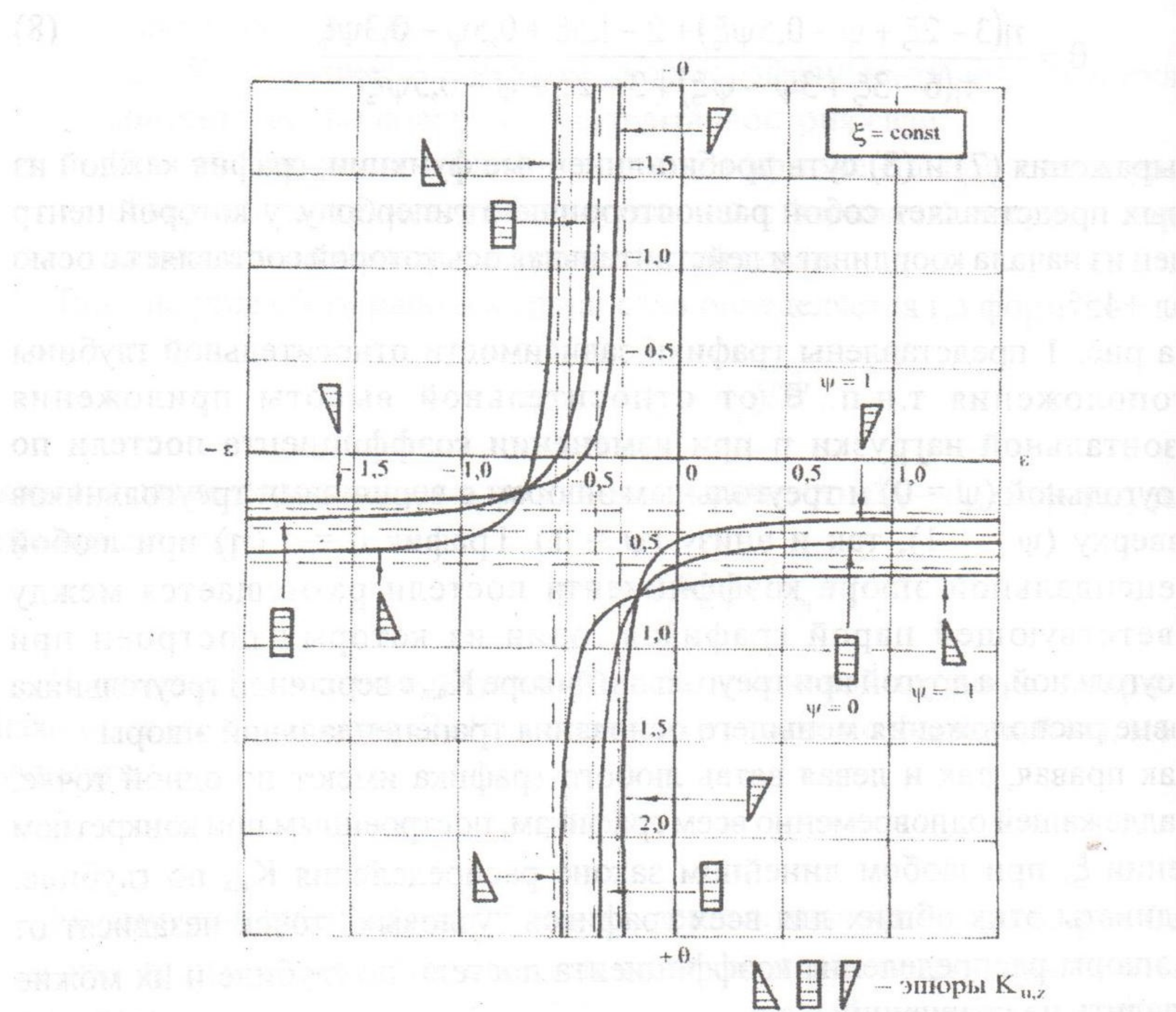


Рис. 1. Графики зависимости относительной глубины т.н.п. θ от относительной высоты приложения горизонтальной нагрузки ϵ .

Литература:

Матус Ю.В. Теоретическое определение параметров совместной работы с грунтовым основанием горизонтально нагруженной одиночной сваи (см. настоящий сборник).