



---

## ***Long-Term Strength Calculation of Flash Pile Structures on Heterogeneous Bases Including Weak Soils***

***Madatov Abdirahim,***

*candidate of technical sciences, associate professor*

*Samarkand State Institute of Architecture and Civil Engineering,*

***Khamidova Mastura,***

*master student Tashkent Institute of Architecture and Civil Engineering, Uzbekistan,*

*madatov.a55@mail.ru, +99897 936-06-10,*

---

**Abstract.** The article substantiates the accepted design scheme of a pile structure of an overpass type on inhomogeneous bases, including weak soils. The developed method of calculating the long-term strength of overpass pile structures on heterogeneous bases, including weak soils, is presented.

**Key words:** Trestle, pile structures, inhomogeneous bases, cohesive soils, non-cohesive soils, viscous deformations, creep threshold, axial forces, deflections, crossbar, grillage, time interval, elastic-viscoplasticity, axial compliance, pile supports.

***Date of Submission:*** 5-4 -2022

***Date of Acceptance:*** 10-5-2022

---

**Введение.** Отечественный и зарубежный опыт показывает, что работа свайных конструкций на слабых глинистых основаниях характеризуется тем, что их напряженно-деформированное состояние не остается стабильным, а меняется во времени. Не учет этого факта при проектировании может привести к сокращению срока службы сооружения и возникновению аварийных ситуаций.

Все чаще встречаются случаи, когда эстакадные свайные сооружения возводятся в условиях сложных напластований грунтов, т.е. на неоднородных основаниях при которых различные группы свай опираются на разные грунты.

Расчетные схемы эстакадных свайных конструкций на неоднородных основаниях имеют качественные отличия от расчетной схемы при однородных деформирующихся во времени грунтах. Оно заключается в том, что некоторые из свайных опор (там, где сваи опираются на не ползучий грунт) не перемещаются во времени, в этих опорах проявляются только упругие деформации, возникающие при первоначальном нагружении и при последующем перераспределении усилий

между группами свай. Это накладывает отпечаток на характер протекания неравновесного процесса изменения напряженно-деформированного состояния конструкции во времени.

Как показали результаты выполненных лабораторных [1,2] и натурных экспериментальных исследований работы свайных эстакадных конструкций, на неоднородных основаниях, за счет протекающего во времени вязкого оседания свайных опор, находящихся в деформирующемся во времени грунте, осевые усилия в определенных группах свай и напряжения в ростверке с течением времени существенно нарастают.

Если в достаточно малом интервале времени указанные выше изменения осевых усилий в сваях считать незначительными, то вязкие перемещения свайных опор, находящихся в глинистом грунте, за этот период могут рассматриваться как необратимые упругие. Это позволяет принять расчетную схему свайной конструкции эстакадного типа на неоднородном основании, включающем деформирующиеся во времени грунты, в виде многопролетной неразрезной балки на упруго-вязкопластических и упруго податливых опорах (рис.1).

**2. Методика расчета.** Как было отмечено выше, расчетная схема конструкции принята в виде многопролетной неразрезной балки на податливых опорах. В местах расположения свай, опирающихся на не ползучий грунт, они являются упругоподатливыми, а в местах свай, находящихся в ползучем грунте упруго-вязко пластическими. Порог пластичности реологической модели опоры (см. Рис.2) является переменной величиной, зависящей от значения её осадки. Этим учитывается установленная ранее [3,4] зависимость порога ползучести свай от накопленной величины её осевого перемещения. Реологическая модель с переменным зависящим от накопленной деформации порогом пластичности предложена А.Я. Будиным [5] и здесь она принята в несколько упрощенном виде.

В качестве исходного соотношения для решения задачи удобно использовать известное обобщение уравнение трех моментов

$$l_n M_{n-1} + 2(l_n + l_{n+1})M_n + l_{n+1}M_{n+1} = -6 \left( \frac{\alpha_n \omega_n}{l_n} + \frac{\alpha_{n+1} \omega_{n+1}}{l_{n+1}} \right) - 6EJ(\theta_{n+1} - \theta_n) \quad (1)$$

где  $\theta_n$  и  $\theta_{n+1}$  – углы поворота упругой линии на смежных опорах, обусловленные осадкой опор;

$\frac{\alpha_n \omega_n}{l_n}$  и  $\frac{\alpha_{n+1} \omega_{n+1}}{l_{n+1}}$  – фиктивные опорные реакции  $n$  – й опоры от моментных площадей  $\omega_n$  и  $\omega_{n+1}$ ;

$l_n$  и  $l_{n+1}$  – длины пролетов балки;

$M_{n-1}$ ,  $M_n$ ,  $M_{n+1}$  – моменты на опорах балки;

$EJ$  – жесткость балки.

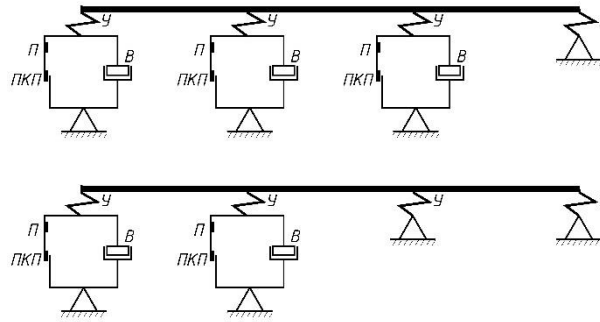


Рис.1. Расчетные схемы свайных конструкций эстакадного типа на неоднородных основаниях, включающих слабые грунты

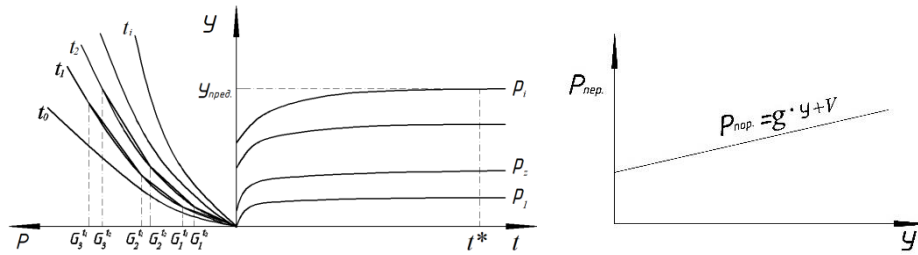


Рис.2. Графики  $y = f(p)$ ,  $p = f(y)$ , и  $P_{пер} = f(y)$ .

В соответствии с (1) система уравнений для  $n$ -пролетной балки имеет вид

$$\begin{cases} l_1 M_0^{t_i} + 2(l_1 + l_2) M_1^{t_i} + l_2 M_2^{t_i} = -\frac{q}{4} (l_1^3 + l_2^3) - 6EJ \left[ \frac{y_0^{t_i}}{l_1} - \frac{y_1^{t_i} (l_1 + l_2)}{l_1 l_2} + \frac{y_2^{t_i}}{l_3} \right] \\ l_2 M_1^{t_i} + 2(l_2 + l_3) M_2^{t_i} + l_3 M_3^{t_i} = -\frac{q}{4} (l_2^3 + l_3^3) - 6EJ \left[ \frac{y_1^{t_i}}{l_2} - \frac{y_2^{t_i} (l_2 + l_3)}{l_2 l_3} + \frac{y_3^{t_i}}{l_3} \right] \\ \dots\dots\dots \\ l_{n-1} M_{n-2}^{t_i} + 2(l_{n-1} + l_n) M_{n-1}^{t_i} + l_n M_n^{t_i} = -\frac{q}{4} (l_{n-1}^3 + l_n^3) - 6EJ \left[ \frac{y_{n-2}^{t_i}}{l_{n-1}} - \frac{y_{n-1}^{t_i} (l_{n-1} + l_n)}{l_{n-1} l_n} + \frac{y_n^{t_i}}{l_n} \right] \end{cases} \quad (2)$$

где  $y_0^{t_i}, y_1^{t_i}, \dots, y_{n-1}^{t_i}, y_n^{t_i}$  - оседания свайных опор.

Неизвестными в (2) являются опорные изгибающие моменты. Решение системы уравнений применительно к рассматриваемой задаче осуществляется шаговым методом. По найденным значениям изгибающих моментов  $M_1, M_2, \dots, M_{n-1}$  можно определить опорные реакции по известным выражениям [6].

В начальный момент времени ( $t_0=0$ ) перемещения опор ригеля являются только упругими. Значения  $M_1^{t_0}, \dots, M_{n-1}^{t_0}$  и  $R_0^{t_0}, \dots, R_n^{t_0}$  как и величин изгибающих моментов и реакций опор для любого последующего момента времени вычисляются по (2) и (3).

Кривые  $y = f(p)$  при  $t = const$  строятся в диапазоне значений  $y_{пред} \geq y \geq 0$ , где  $y_{пред}$  – предельно допустимая за срок эксплуатации сооружения осадка свайной опоры. К моменту, когда  $y = y_{пред}$  процесс осадки затухает. Поэтому кривые  $y = f(t)$  при  $P = const$  надо получать опытным путем, выбирая  $P$  так, чтобы все они давали затухание осадки. С момента  $t^*$ , когда затухание имеется по всем кривым можно по семейству кривых  $y = f(t)$  построить кривую  $y = f(p)$ , которая действительна для промежутка времени  $t^* \leq t \leq \infty$ .

481 |

$t_0; t_1 = t_0 + \Delta t, \dots, t_i = t_{i-1} + \Delta t$ ; (рис.2) линеаризуются в пределах временных интервалов  $t_0; t_1, \dots, t_{i-1}, t_i$ . Тогда, для момента времени  $t_1 = t_0 + \Delta t$  осадки опор можно выразить соотношениями:

$$\begin{aligned} &\text{если } 0 < R_i^{t_0} \leq G_1^{t_1}, \text{ то если } G_1^{t_1} < R_i^{t_0} \leq G_2^{t_1}, \text{ то} \\ &y_0^{t_0} = m_1^{t_1} \cdot R_0^{t_0} + v_1^{t_1}; y_0^{t_1} = m_2^{t_1} \cdot R_0^{t_0} + v_1^{t_1}; \\ &y_1^{t_1} = m_1^{t_1} \cdot R_1^{t_0} + v_1^{t_1}; y_1^{t_1} = m_2^{t_1} \cdot R_1^{t_0} + v_2^{t_1}; \\ &\dots\dots\dots \\ &y_n^{t_1} = m_1^{t_1} \cdot R_n^{t_0} + v_1^{t_1} \quad y_n^{t_1} = m_2^{t_1} \cdot R_n^{t_0} + v_n^{t_1} \end{aligned} \quad (4)$$

$$\begin{aligned} &\text{если } G_{n-1}^{t_1} < R_i^{t_0} \leq G_n^{t_1}, \text{ то} \\ &y_0^{t_1} = m_n^{t_1} \cdot R_0^{t_0} + v_n^{t_1}; \\ &y_1^{t_1} = m_n^{t_1} \cdot R_1^{t_0} + v_n^{t_1}; \\ &\dots\dots\dots \\ &y_n^{t_1} = m_n^{t_1} \cdot R_n^{t_0} + v_n^{t_1} \end{aligned}$$

где  $m_1^{t_1}, \dots, m_n^{t_1}; V_1^{t_1}, \dots, V_n^{t_1}$  – эмпирические параметры, вычисленные по линеаризованному опытному кривому  $y = f(P)$  (ветвь  $t_1$ ) в диапазоне усилий, включающем в себя значение  $R_i^{t_0}$ ;

$G_1^{t_1}, \dots, G_n^{t_1}$  – граничные значения усилий в интервалах линеаризации зависимостей  $y_1 = f_1(P), \dots, y_i = f_i(P)$ .

Далее с учетом полученных осадок по (2) и (3) определяются новые значения усилий в сваях (первоначально без учета порогов ползучести свай)

$$M_i^{t_1} = M_i^{t_0} \pm \Delta M_i \quad \text{и} \quad R_i^{t_1} = R_i^{t_0} \pm \Delta R_i.$$

Сопоставляя величины усилий в сваях, полученные на очередном этапе расчета, с пороговыми значениями ползучести свай, можно определить действующие в них эффективные усилия для следующего этапа расчета. Зависимость между пороговым значением нагрузки на сваю  $P_{\text{пор}}$  и величиной накопленных осевых перемещений на основании данных, полученных при проведении релаксационных испытаний свай [3,4] записывается в виде:

$$P_{i.\text{пор}}^{t_i} = g y_i^{t_1} + P \quad (5)$$

где  $g$  и  $P$  – эмпирические опытные константы.

Эффективные усилия  $\bar{R}_i^{t_i}$  в сваях, находящихся в ползучем грунте, для момента времени  $t_1$  определяются по соотношениям:

$$\bar{R}_i^{t_i} = R_i^{t_i} - P_{i.\text{пор}}^{t_i} \quad (6)$$

По линеаризованным кривым  $y = f(p)$  (ветвь  $t_2$ ) и эффективным усилиям в

сваях  $\bar{R}_i^{t_i}$  определяются приращения осадок опор за период времени  $t_2 - t_1$  по соотношениям:

$$\begin{aligned} &\text{если } 0 < \bar{R}_i^{t_1} \leq G_1^{t_2}, \text{ то если } G_1^{t_2} < \bar{R}_i^{t_1} \leq G_1^{t_2}, \text{ то} \\ &\Delta y_0^{t_2} = m_1^{t_2} \cdot \bar{R}_0^{t_1} + v_1^{t_2}; \Delta y_0^{t_2} = m_2^{t_2} \cdot \bar{R}_0^{t_1} + v_2^{t_2}; \\ &\Delta y_1^{t_2} = m_1^{t_2} \cdot \bar{R}_1^{t_1} + v_1^{t_2}; \Delta y_1^{t_2} = m_2^{t_2} \cdot \bar{R}_1^{t_1} + v_2^{t_2}; \\ &\dots\dots\dots \\ &\Delta y_n^{t_2} = m_1^{t_2} \cdot \bar{R}_n^{t_1} + v_1^{t_2}; \Delta y_n^{t_2} = m_2^{t_2} \cdot \bar{R}_n^{t_1} + v_2^{t_2}; \end{aligned} \quad (7)$$

$$\begin{aligned} &\text{если } G_{n-1}^{t_2} < \bar{R}_i^{t_1} \leq G_n^{t_2}, \text{ то} \\ &\Delta y_0^{t_2} = m_n^{t_2} \cdot \bar{R}_0^{t_1} + v_n^{t_2}; \\ &\Delta y_1^{t_2} = m_n^{t_2} \cdot \bar{R}_1^{t_1} + v_n^{t_2}; \\ &\dots\dots\dots \\ &\Delta y_n^{t_2} = m_n^{t_2} \cdot \bar{R}_n^{t_1} + v_n^{t_2}; \end{aligned}$$

Полные осадки свайных опор в момент времени  $t_2$  равны:

$$\begin{aligned} y_0^{t_2} &= y_0^{t_1} + \Delta y_0^{t_2}; \\ y_1^{t_2} &= y_1^{t_1} + \Delta y_1^{t_2}; \\ &\dots\dots\dots \\ y_n^{t_2} &= y_n^{t_1} + \Delta y_n^{t_2}. \end{aligned} \quad (8)$$

Используя величины  $y_0^{t_2}, y_1^{t_2}, \dots, y_n^{t_2}$  по формулам (2) и (3) можно определить значения  $M_1^{t_2} \dots \dots M_{n-1}^{t_2}$  и  $R_0^{t_2}, R_1^{t_2}, \dots, R_n^{t_2}$  после этого, определив пороги ползучести свай для момента времени  $t_2$  по соотношениям

$$P_{i.\text{пор}}^{t_2} = g y_i^{t_2} + P \quad (9)$$

Вычислить значения эффективных усилий (для момента времени  $t_2$ ) по формулам

$$\bar{R}_i^{t_2} = R_i^{t_2} - P_{i.\text{пор}}^{t_2} \quad (10)$$

Таким же образом, последовательно выполняя расчеты по представленной схеме, можно вычислить значения изгибающих моментов на опорах и реакций опор балки для каждого следующего временного интервала

$$t_3 = t_2 + \Delta t; t_4 = t_3 + \Delta t; \dots\dots t_i = t_{i-1} + \Delta t.$$

**4.Заключение.** 1. Лабораторными и натурными исследованиями по изучению работы эстакадных конструкций на неоднородных основаниях, включающих слабые глинистые грунты и на однородном ползучем основании при разной глубине забивки свай в грунт, установлено, что характер изменения

параметров их напряженно-деформированного состояния во времени является практически монотонным или является сглаженно аperiодическим.

2. Разработана методика расчета эстакадных конструкций на неоднородных основаниях, включающих слабые глинистые грунты, и на однородном ползучем основании при разной глубине забивки свай в грунт.

## ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мадатов А. Особенности работы эстакадных конструкций при опирании части свай на ползучие грунты. //Русловой процесс на реках и путевые работы для судоходства и повышения эффективности работы гидротехнических сооружений: Сб. Научн. Тр. ЛИВТа –Л., 1985-С.
2. Мадатов А. Лабораторные исследования работы эстакадных конструкций на однородном глинистом основании при наличии подпричального откоса. //Обеспечение судоходных условий на свободных и шлюзованных участках рек и работа транспортного флота: Сб. Науч. Тр. ЛИВТа –Л., 1986 –С.108-114.
3. Варламов Б.Н. Релаксационные испытания моделей свай на ползучем основании. //Технический прогресс в проектировании и эксплуатации водных путей и гидротехнических сооружений: Труды ЛИВТа. –Л., 1983, -Вып.176,-С.34-37.
4. Варламов Б.Н. Натурные релаксационные испытания свай. //Водные пути и гидротехнические сооружения: Труды ЛИВТа. –Л., 1983.-С.80-85.
5. Будин А.Я. Длительная прочность сооружений на деформирующихся во времени основаниях и реологические свойства грунтов.// Труды III Всесоюзного симпозиума по реологии грунтов. Ленинград, 3-8 сентября 1979 г.- Ереван: изд. Ереванского университета, 1980-С.10-31.
6. Дарков А.В., Кузнецов В.И. Строительная механика. –М: Высшая школа, 1962.-744 с.