

## ЗАДАЧА О ФИЛЬТРАЦИОННОЙ ДЕФОРМАЦИИ ОСНОВАНИЯ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ

*Д.Т. Палуанов*

*Институт водных проблем АН РУз*

*В настоящей статье рассматривается деформация основания гидротехнического сооружения, получены расчетные формулы для установления значений деформации основания из водонасыщенного грунта под действием нагрузки жесткого штампа (сооружения). Приведены в виде графиков закономерности изменения вертикальные и горизонтальные перемещения частицы грунта основания сооружения.*

*In the present article is described deformation of the hydrotechnical construction basis, is obtained the calculation formula for basis deformation significance under the load action of hard stamp. In the article is given the graphical regularity of changing of vertical and horizontal shifting of soil particles of construction basis.*

Рассмотрим задачу о деформации водонасыщенного грунта, расположенного под плотиной. Предположим, что конфигурация сооружения  $B$  имеет вид прямоугольной призмы, в центре которой поместим Декартову систему координат (рис. 1).

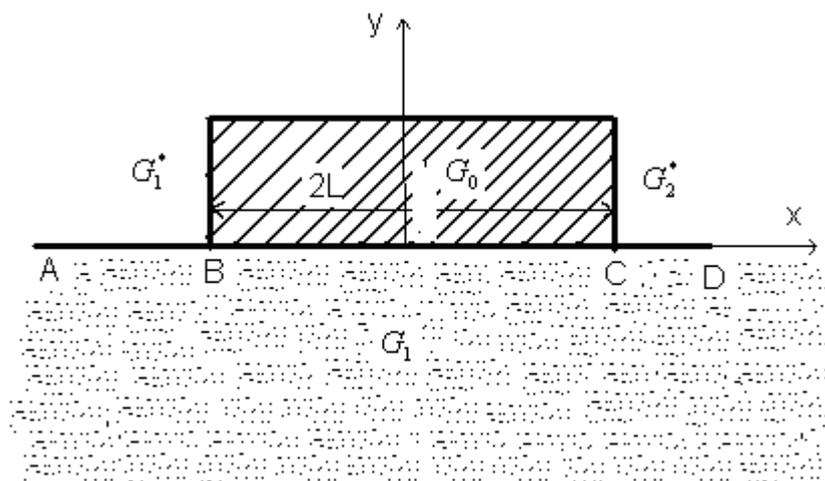


Рис.1

### *Постановка задачи*

Предположим, что сооружение с шириной  $2L$ , расположенное над водонасыщенным грунтом, являющимся упругой средой с соответствующими параметрами. Сооружение, контактируя полуплоскостью с упругим грунтом, вызывает напряженное состояние, вследствие чего возникают деформации.

Рассмотрим плоскую стационарную задачу о напряженном состоянии полубесконечного грунта под действием сооружения. Предполагается, что водонасыщенный грунт - несжимаемая среда [1]. Тогда будем иметь задачу о штампе с плоской поверхностью контакта в плосконапряженном состоянии. Компоненты напряжения  $P_{ij}$  и деформации  $\varepsilon_{ij}$  (где  $i=1,2$  и  $j=1,2$ ) будут определяться по соответствующим уравнениям напряженного состояния упругой среды.

На плоскости контакта  $ABCD$  штамп вдавливается на отрезке  $BC$ , а плоскости  $AB$  и  $CD$  свободны от внешнего воздействия свободной поверхности. Вдоль поверхности

$$AC (-\infty < x < -L), (y = 0) \text{ и } CB (L < x < \infty), (y = 0),$$

$$P_{22} = P_{12} = 0 \quad (1)$$

Предположим, что поверхность сооружения  $BC$  ( $-L < x < L, y = 0$ ) абсолютно гладкая. Тогда горизонтальные перемещения на поверхности контакта отсутствуют ( $\eta = 0$ ),  $U(x,0) = 0$  при ( $-L < x < L$ ), а также на участке контакта плотины с полуплоскостью грунта вертикальные перемещения, определяемые в процессе решения,

$$V(x,0) = V(x), \text{ а касательные напряжения } P_{ni} = 0,$$

где

$V(x)$  - заданные вертикальные перемещения;

$P_{ni}$  - касательное напряжение на площадке контакта с упругой средой (грунтом).

Предполагается, что грунт, при отсутствии штампа находился в положении равновесия. Вследствие давления на нижнюю полуплоскость, где расположен водонасыщенный грунт, возникает напряженное состояние  $P_{ij}(x, y)$ , деформации грунта  $\varepsilon_{ij}(x, y)$ , также соответствующим перемещениям частиц грунта  $U(x, y)$  и  $V(x, y)$ .

Предположим, что сооружение, вдавливая грунт, может перемещаться лишь в вертикальном направлении со скоростью  $V(x)$ , а сама плотина, расположенная в области  $G_0 (-L < x < L, y \geq 0)$ , не деформируется при взаимодействии с грунтом. В этом случае вертикальные перемещения водонасыщенного грунта определяются углублением тела сооружения, как целого, всем профилем штампа, без отрыва штампа от поверхности грунта, т.е. поверхность сооружения жестко связана с частицами грунта. Предположим, что вследствие сопротивления грунта сжатию сооружение может двигаться лишь в вертикальном направлении, скольжение плотины по поверхности грунта отсутствует, а скорость плотины в вертикальном направлении перемещается с малой скоростью

$$|V(x)| \ll 1.$$

При малых воздействиях штампа (сооружения) на нижнюю полуплоскость (заполненную водонасыщенным грунтом) в этом случае будет упругой средой.

В линейной теории упругости имеем следующие условия [2].

$$\left. \begin{array}{l} U(x,0) = 0 \\ V(x,0) = 0 \end{array} \right\} \text{ при } y = 0, |x| \leq a \quad (2)$$

$$P_{12}(x,0) \leq \pm f |P_{22}(x,0)| \text{ при } y = 0, |x| \leq a,$$

где

$f$  - коэффициент трения.

На поверхности контакта с внешней средой расположенных в областях

$$G_1^* (-\infty < x < -L, y > 0) \text{ и } G_2^* (L < x < \infty, y > 0).$$

В областях  $G_1^*$  и  $G_2^*$  расположен слой воды толщиной  $H$  и  $h$ , где ( $H = const, h = const$ ). Тогда на поверхности контакта этой среды с внешней средой имеет:

$$P_{22}(x,0) = \begin{cases} P_0 + \rho g H, \text{ при } -\infty < x < -L, y = 0 \\ P_0 + \rho g h, \text{ при } L < x < \infty, y = 0 \end{cases} \quad (3)$$

При  $H > h$  возникает фильтрационное течение воды в области  $G_1$  со скоростями  $U_\phi$  и  $V_\phi$  [3].

Сначала решим однородную задачу, когда отсутствует фильтрация  $U_\phi = 0, V_\phi = 0$ . Это соответствует случаю равенства напора  $H - h = 0$  или в случае отсутствия воды над грунтом, когда  $H = 0$  и  $h = 0$ . Распределение напряжения, деформация и перемещения определяются равенствами [2]:

$$\left. \begin{aligned} P_{11} &= \operatorname{Re} Z_1 - y \operatorname{Im} Z_1 \\ P_{22} &= \operatorname{Re} Z_1 + y \operatorname{Im} Z_1 \\ P_{12} &= -y \operatorname{Im} Z_1 \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

где

$$Z_1(z) = \int_{-a}^{\infty} \frac{P(\xi) \sqrt{a^2 - \xi^2}}{\pi \sqrt{z - \xi}} d\xi,$$

где

$$z = x + iy$$

Для распределения компоненты деформации в упругой среде (область  $G_1$ ) имеем:

$$\left. \begin{aligned} \varepsilon_{11} &= \frac{1 - \sigma^2}{E} \left( P_{11} - \frac{\sigma}{1 - \sigma} P_{22} \right) \\ \varepsilon_{22} &= \frac{1 - \sigma^2}{E} \left( P_{22} - \frac{\sigma}{1 - \sigma} P_{11} \right) \\ \varepsilon_{12} &= \frac{1 + \sigma}{E} P_{12} \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

Перемещения определяются равенствами:

$$\left. \begin{aligned} 2\mu U &= (1 - 2\sigma) \operatorname{Re} Z_1^0 - y \operatorname{Im} Z_1 \\ 2\mu V &= 2(1 - \sigma) \operatorname{Im} Z_1^0 - y \operatorname{Re} Z_1 \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

где

$$Z_1 = \frac{dZ_1^0}{dz}$$

На основе решения (5) определяются горизонтальные и вертикальные перемещения частиц грунта, результаты приведены на рис. 2 (а,б,в,г,д,ж).

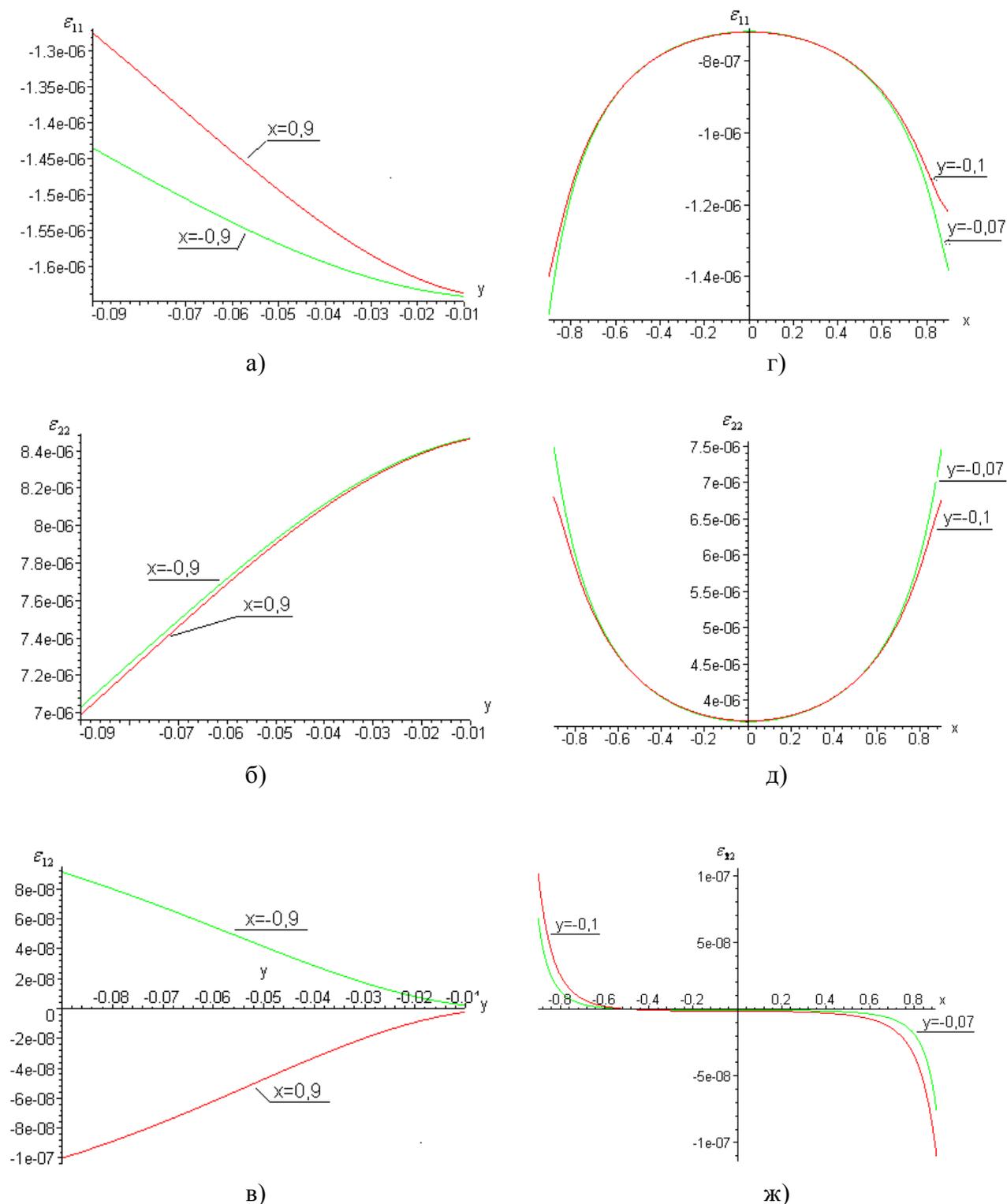


Рисунок 2.

**Выводы.** На основании проведенных расчетов установлено, что деформации грунта основания гидротехнического сооружения по глубине уменьшаются, а по ширине деформации грунта симметричны относительно вертикальной оси.

*ЛИТЕРАТУРА:*

1. Грунтоведение / Под ред. Е.М. Сергеева. - М., 1983.
2. Седов Л.И. Механика сплошной среды. - М.: Наука, 1976. – Т. 2.
3. Полубаринова-Кочина П.Я. Теория движения грунтовых вод. – М.: Наука, 1977.