

## Impact Factor:

ISRA (India) = 6.317  
ISI (Dubai, UAE) = 1.582  
GIF (Australia) = 0.564  
JIF = 1.500

SIS (USA) = 0.912  
ПИИЦ (Russia) = 3.939  
ESJI (KZ) = 8.771  
SJIF (Morocco) = 7.184

ICV (Poland) = 6.630  
PIF (India) = 1.940  
IBI (India) = 4.260  
OAJI (USA) = 0.350

SOI: [1.1/TAS](#) DOI: [10.15863/TAS](#)

### International Scientific Journal Theoretical & Applied Science

p-ISSN: 2308-4944 (print) e-ISSN: 2409-0085 (online)

Year: 2023 Issue: 09 Volume: 125

Published: 20.09.2023 <http://T-Science.org>

Issue

Article



**Ilhom Hikmatovich Turaev**

Samarkand State University of Architecture named after Mirzo Ulugbek  
assistant department  
Tashkent, Uzbekistan  
[turayev2020@gmail.com](mailto:turayev2020@gmail.com)

## CALCULATION OF THE CONSTRUCTIONS OF A DEFORMABLE BASE FINAL THICKNESS

**Abstract:** The objectives of the study are to develop the theoretical foundations and practical issues of calculating structures on an inhomogeneous deformable foundation and apply them in practice. To achieve this goal, it is planned to solve the following issues:

study of the stress-strain state of a non-uniform elastic foundation using the variation method of V.Z. Vlasov;  
offer planar and spatial models of heterogeneous foundations;  
development of a technical method for calculating structures on an elastically inhomogeneous foundation.

The object of the study is the foundations and foundations of buildings and structures. Scientific research is aimed at developing new or existing methods for calculating foundations and foundations and increasing their efficiency.

The subject of the study is to propose models that take into account the heterogeneity of the basic properties of the soil, and the extent to which this soil reflects the real situation should always be the focus of attention.

Research method. In his dissertation, based on the variational method of V.Z. Vlasov, a technical theory for calculating structures (beams, slabs, etc.) on a non-uniform elastic foundation was developed.

**Key words:** elastic foundation, variation method, calculation of foundations, Vlasov V.Z. method, stress strain state.

**Language:** Russian

**Citation:** Turaev, I. H. (2023). Calculation of the constructions of a deformable base final thickness. *ISJ Theoretical & Applied Science*, 09 (125), 280-288.

**Soi:** <http://s-o-i.org/1.1/TAS-09-125-32> **Doi:**  <https://dx.doi.org/10.15863/TAS.2023.09.125.32>

**Scopus ASCC:** 2200.

### РАСЧЕТ КОНСТРУКЦИИ ДЕФОРМИРУЕМОМ ОСНОВАНИИ КОНЕЧНОЙ ТОЛЩИНЫ

**Аннотация:** Задачи исследования заключаются в разработке теоретических основ и практических вопросов расчета конструкций на неоднородном деформируемом основании и применении их на практике. Для достижения поставленной цели планируется решить следующие вопросы:

исследование напряженно-деформированного состояния неоднородного упругого основания вариационным методом Власова В.З.;

предлагать плоскостные и пространственные модели неоднородного основания;

разработка технического метода расчета конструкций на упруго-неоднородном основании.

Объектом исследования являются фундаменты и основания зданий и сооружений. Научные исследования направлены на разработку новых или существующих методов расчета фундаментов и оснований и повышение их эффективности.

Предметом исследования является предложение моделей, учитывающих неоднородность основных свойств грунта, и то, насколько этот грунт отражает реальную ситуацию, всегда должно быть в центре внимания.

## Impact Factor:

ISRA (India) = 6.317  
 ISI (Dubai, UAE) = 1.582  
 GIF (Australia) = 0.564  
 JIF = 1.500

SIS (USA) = 0.912  
 ПИНЦ (Russia) = 3.939  
 ESJI (KZ) = 8.771  
 SJIF (Morocco) = 7.184

ICV (Poland) = 6.630  
 PIF (India) = 1.940  
 IBI (India) = 4.260  
 OAJI (USA) = 0.350

*Метод исследования. В диссертации на основе вариационного метода Власова В. З. разработана техническая теория расчета конструкций (балки, плиты и др.) на неоднородном упругом основании.*

**Ключевые слова:** упругое основание, вариационный метод, расчет фундаментов, метод Власова В.З., напряженно-деформированное состояние.

### Введение

Работа посвящена применению общего вариационного метода к теории переменного (неоднородного) основания, а напряженно-деформированное состояние (НДС) переменного упругого основания изучалось с использованием вариационного метода В.В.Власова [1,2,3].

В работе двумерные сложные задачи теории упругости неоднородных тел сводятся к одномерным задачам с использованием вариационного метода [4,5].

Для приближенного решения задачи в случае плоского напряжения неизвестные перемещения  $u(x, y)$  и  $v(x, y)$  искали в виде рядов.

$$\left. \begin{aligned} u(x, y) &= \sum_{i=1}^m U_i(x)\varphi_i(y) & (i = 1, 2, \dots, m), \\ v(x, y) &= \sum_{k=1}^n V_k(x)\psi_k(y) & (k = 1, 2, \dots, n), \end{aligned} \right\} (1)$$

где,  $U_i(x)$ ,  $V_k(x)$  - неизвестные функции и представляют сдвиги базиса;  $\varphi_i(y)$ ,  $\psi_k(y)$  - некоторые безразмерные функции. Если к уравнениям состояния деформируемого однородного твердого тела применить уравнения состояния (1) и использовать уравнения баланса, то получим следующую систему дифференциальных уравнений с переменными коэффициентами (2).

Таким образом, с помощью линий (1) двумерная задача теории упругости сводится к одномерной задаче, т. е. для определения продольных,  $u(x, y)$  и поперечных  $v(x, y)$  перемещений,  $m$   $U_i(x)$  функций, а  $n$   $V_k(x)$  функций сводится и определять:

$$\left. \begin{aligned} \sum_{i=1}^m U_i'' a_{ji} + \sum_{i=1}^m U_i' d_{ji} - \frac{1-v_{00}}{2} \sum_{i=1}^m U_i b_{ji} + \sum_{k=1}^n \left( v_{jk} - \frac{1-v_{00}}{2} C_{jk} \right) V_k' + \\ + v \sum_{k=1}^n (O_{jk}) V_k + \frac{1-v_{00}^2}{E} P_j = 0, & (j = 1, 2, \dots, m), \\ - \sum_{i=1}^m \left( v_0 t_{hi} - \frac{1-v_{00}}{2} C_{hi} \right) U_i' + \frac{1-v_{00}}{2} \sum_{i=1}^m e U_i + \frac{1-v_0}{2} \sum_{k=1}^n r_{hk} V_k'' + \\ + \frac{1-v_{00}}{2} \sum_{k=1}^n \theta_{hk} V_k' - \sum_{k=1}^n S_{hk} V_k + \frac{1-v_{00}^2}{E_{00}} q_h = 0, & (h = 1, 2, \dots, n). \end{aligned} \right\} (2)$$

где (2) состоит из коэффициентов  $a_{ji}, d_{ji}, \dots, \theta_{nk}$  уравнений,

$f(x), f(y), \varphi_j(y), \varphi_i(y),$   
 $(i, j = 1, 2, \dots, m), \psi_k(u), \psi_n(u),$  интегралов, выраженных функциями и их производными [6,7].

Обобщенные граничные условия задачи выражаются следующими соотношениями:

$$\left. \begin{aligned} T_j(x) &= \int \sigma_{xx} \varphi_j dF = \frac{E}{1+\nu} \left[ \sum_{i=1}^m (a_{ji} U_i' + \frac{1}{2} d_{ji} U_i) + \nu \sum_{k=1}^n t_{jk} V_k \right], \\ & (i, j = 1, 2, \dots, m), \\ S_h(x) &= \int \tau_{xy} \psi_h dF = \frac{E_{00}}{2(1+\nu_{00})} \left[ \sum_{i=1}^m C_{hi} U_i + \sum_{k=1}^n r_{hk} V_k' \right], & (h, k = 1, 2, \dots, n). \end{aligned} \right\} (3)$$

В третьем пункте для получения совершенной модели упругого неоднородного основания и разработки блок-схемы на основе точной компьютерной программы для расчета следует на основе экспериментов определить  $f(x), f(y)$ , функции, представляющие неоднородность основания. Если указанные выше функции представляют реальное неоднородное состояние основания на основе экспериментов, то мы сможем определить напряженно-деформированное состояние неоднородного основания, ограниченное пределом меньше (1).

Полагая, что горизонтальные смещения основания от внешних вертикальных нагрузок (1) равны нулю, дифференциальное уравнение (2) однородного деформируемого основания, лежащего на одиночном основании конечной толщины, принимает следующий вид [8,9]

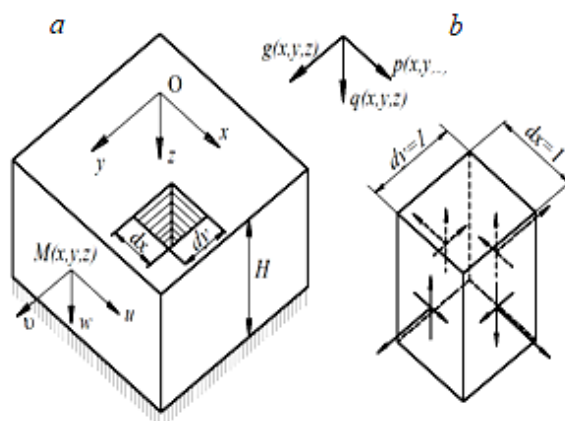
$$\tilde{t} V_{xx}'' - \tilde{t}' V_x' - \tilde{k} V + q_1 = 0, \quad (4)$$

В этой работе также исследуется случай пространственно-неоднородной деформации основного напряжения с неоднородными свойствами.

Рассмотрим однородный сжимаемый слой-основание толщиной  $N$  на бесконечном одиночном слое (рис. 1а). Задача решается методом перемещений. В качестве основных неизвестных приняты смещения неоднородно деформированного основания  $M$  точка  $u, v, w$

**Impact Factor:**

ISRA (India) = 6.317	SIS (USA) = 0.912	ICV (Poland) = 6.630
ISI (Dubai, UAE) = 1.582	РИИЦ (Russia) = 3.939	PIF (India) = 1.940
GIF (Australia) = 0.564	ESJI (KZ) = 8.771	IBI (India) = 4.260
JIF = 1.500	SJIF (Morocco) = 7.184	OAJI (USA) = 0.350



**Рисунок 1. а) неоднородная базовая модель толщиной  $N$ , расположенная на бесконечном одиночном ложе; б) фрагмент, отделенный от неоднородной базовой модели толщиной  $N$ , расположенной на бесконечном одиночном слое.**

Если поискать неизвестные  $u, v, w$  перемещения в виде рядов и подставить их в уравнение состояния неоднородного основания, то получим уравнения напряжений основания, выражаемые обобщенными перемещениями.

Подставляя основные напряжения в систему уравнений равновесия, выражаемую обобщенными перемещениями, получаем систему дифференциальных уравнений с переменными коэффициентами относительно неизвестных  $u_j, v_g, w_k$  перемещений.

Следует отметить, что полученная система дифференциальных уравнений представляет собой обобщенную пространственную модель неоднородного основания. Если мы выберем функции  $f_1(x), f_2(y), f_z(z)$  и  $\varphi_i(z), x_g(z), \psi_k(z)$  исходя из физической природы базиса, то получим близкие к практике модели пространственно-неоднородного базиса.

Вторая часть статьи посвящена исследованию моделей с переменным основанием конечной толщины [11-15].

Исходя из постановки задачи, модуль деформации основания

$$Ye_o(x, u) = Ye_o(u) = Ye_o f_o(u) \quad (5)$$

получил по внешнему виду. Здесь  $f_o(u)$  - функция, определенная на основе экспериментов, которая представляет собой неоднородность глубины грунта. В этом случае миграция слоев

$$\left. \begin{aligned} u(x, y) = 0, \\ v(x, y) = V(x)\psi(y) \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

на основе выражается следующим уравнением

$$2\bar{t}V''(x) - \bar{k}V(x) + q(x) = 0, \quad (7)$$

где,  $\bar{t}, \bar{k}$  - коэффициенты зависят от  $u$ .

Обобщенные краевые условия задачи в этом случае принимают следующий вид.

$$\left. \begin{aligned} T_j(x) = 0, \\ S_1(x) = 2\bar{t}V'(x). \end{aligned} \right\} \quad (8)$$

Если к поверхности основания приложить накопленную силу  $R$ , то уравнение (7) примет следующий вид:

$$2\bar{t}V''(x) - \bar{k}V(x) = 0 \quad (9)$$

Это решение уравнения (9) в следующем виде.

$$v(x, y) = \frac{2(1-\nu_0^2)}{\sqrt{5(1-\nu_0)}} \cdot \frac{P}{E_0\delta} \cdot e^{-\bar{\alpha}x} \frac{H-y}{H} = V(x) \frac{H-y}{H}, \quad (10)$$

здесь  $\bar{\alpha} = 6/H\sqrt{5(1-\nu_0)}$ .

В качестве примера на рис. 2 приведены безразмерные графики осадки поверхности основания  $V(x)$  по формуле (10) под действием накопленной нагрузки. Сравнивая эфоры, мы приходим к следующему важному практическому выводу. Если функция, представляющая неоднородность по глубине основания, изменяется по  $f(y) = (H+y)/H$  закономерностям, то осадка поверхности неоднородного основания уменьшается на 22,5 % по сравнению с осадкой поверхности однородного основания.

## Impact Factor:

ISRA (India) = 6.317	SIS (USA) = 0.912	ICV (Poland) = 6.630
ISI (Dubai, UAE) = 1.582	ПИИЦ (Russia) = 3.939	PIF (India) = 1.940
GIF (Australia) = 0.564	ESJI (KZ) = 8.771	IBI (India) = 4.260
JIF = 1.500	SJIF (Morocco) = 7.184	OAJI (USA) = 0.350

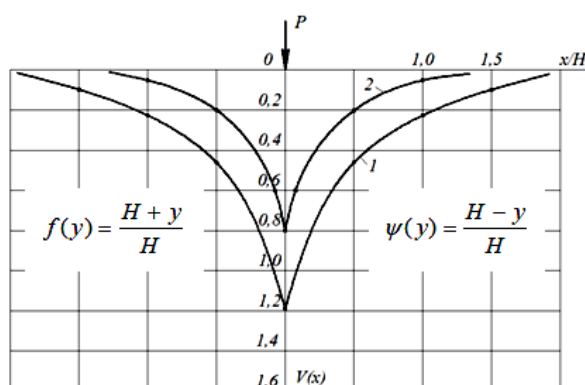


Рисунок 2. Безразмерный график осадки однородной (1) и неоднородной (2) поверхности основания из-за накопленной нагрузки.

Были получены графики для различных функций, представляющих поперечное распределение просадки основания.

Рассчитана осадка поверхности фундамента, которая характеризуется глубиной распределенной нагрузки.

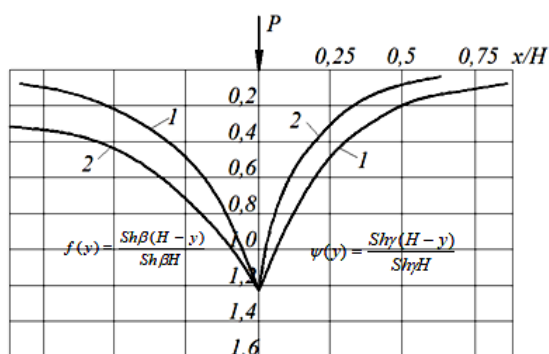
Во втором абзаце второй главы также рассматривается случай, когда модуль деформации основания изменяется по произвольному закону в направлении, параллельном поверхности, то есть горизонтально. Если накопленная нагрузка воздействует на поверхность фундамента, то

система дифференциальных уравнений (2) принимает следующий вид:

$$2\tilde{\tau}V''(x) + 2\tilde{\tau}'V'(x) - \tilde{k}V(x) = 0 \quad (11)$$

Если функцию, представляющую горизонтальную неоднородность грунта вдоль основания, выразить в виде  $f(x) = e^{2x}$ , а функцию, представляющую поперечное распределение смещений основания, выразить в виде  $\psi(u) = Sh\gamma(H-y)/Sh\gamma H$ , то уравнение (11), представляющее осадку основания имеет следующее решение.

$$\left. \begin{aligned} v_1(x, y) &= \frac{3(1+\nu_0)}{H\eta} \cdot \frac{P}{E_0\delta} \cdot e^{m_x} \cdot \frac{Sh\gamma(H-y)}{Sh\gamma H} = \frac{P}{E_0\delta} V_1(x)\psi(y), & x \leq 0 \\ v_2(x, y) &= \frac{3(1+\nu_0)}{H\eta} \cdot \frac{P}{E_0\delta} \cdot e^{-n_x} \cdot \frac{Sh\gamma(H-y)}{Sh\gamma H} = \frac{P}{E_0\delta} V_1(x)\psi(y), & x > 0 \end{aligned} \right\} \quad (12)$$



На рис. 3 представлены закономерности осадки однородного (1) и неоднородного (2) основания.

Также во второй части построен случай, когда модуль деформации основания изменяется по произвольному закону относительно осей координат.

Если функция, отражающая неоднородный характер грунта, произвольна по координатам, то определение напряженно-деформированного

состояния и осадки основания будет иметь большое теоретическое и практическое значение.

Если

$$Ye(x, u) = Ye_0 F(x, u) = E_0 f_1(x) f_2(y) \quad (13)$$

здесь  $F(x, u)$  - функция, выражающая неоднородность по осям  $x$  и  $u$ .

Система дифференциальных уравнений (2),

## Impact Factor:

ISRA (India) = 6.317  
 ISI (Dubai, UAE) = 1.582  
 GIF (Australia) = 0.564  
 JIF = 1.500

SIS (USA) = 0.912  
 ПИНЦ (Russia) = 3.939  
 ESJI (KZ) = 8.771  
 SJIF (Morocco) = 7.184

ICV (Poland) = 6.630  
 PIF (India) = 1.940  
 IBI (India) = 4.260  
 OAJI (USA) = 0.350

представляющая осадку основания конечной толщины ( $N$ ) под действием накопленной нагрузки, в этом случае принимает следующий вид:

$$V''(x) + d[\ln f_1(x)]V'(x) - \bar{\alpha}^2 V(x) = 0 \quad (14)$$

Если функции, представляющие неоднородность основания, и функция, представляющая распределение поперечных перемещений основания, имеют следующий вид

$$f_0(y) = \frac{H + k_0 y}{H}, \quad f_1(x) = e^{-\lambda x}, \quad (15)$$

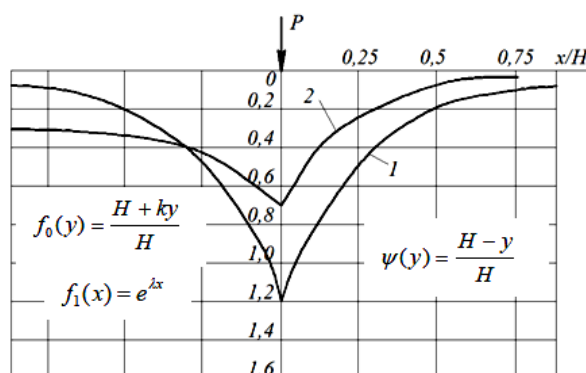
$$\psi(y) = \frac{H + y}{H}, \quad (16)$$

Решение уравнения (14), представляющее движение базовой поверхности, выражается

следующим образом:

$$\left. \begin{aligned} v_1(x, y) &= \frac{12(1 + \nu_0)}{5\eta E_0} \frac{P}{\delta H} e^{\bar{\alpha} x} \frac{H - y}{H}, \quad x \leq 0 \\ v_2(x, y) &= \frac{12(1 + \nu_0)}{5\eta E_0} \frac{P}{\delta H} e^{-\bar{\alpha} x} \frac{H - y}{H}, \quad x > 0 \end{aligned} \right\} \quad (17)$$

Если  $Ye(x, u) > Ye_0$ , то осадка неоднородной базовой поверхности меньше, чем осадка однородной базовой поверхности, и происходит накопление напряжений вокруг точки приложения сосредоточенной силы. Если это  $0 < Ye(x, u) < Ye_0$ , происходит обратное.



На рис. 4 показаны контуры осадки неоднородной поверхности основания.

Также в пятом параграфе второй главы видна пространственная модель основания с переменными свойствами. Если толщина основания равна  $N$ , а горизонтальные перемещения ( $u$  и  $v$ ) основания под действием вертикальной силы равны нулю, то  $u, v, W$  принимает следующий вид:

$$\left. \begin{aligned} u(x, y, z) &= 0, \quad v(x, y, z) = 0, \\ w(x, y, z) &= W(x, y)\psi(z), \end{aligned} \right\} \quad (18)$$

где  $\psi(z)$  - функция распределения перемещений поперечного сечения основания.

Исходя из этих условий, система дифференциальных уравнений неоднородного базиса в общем случае принимает следующий вид:

$$2\bar{t}\nabla^2 W - \bar{k}W - \bar{m}W'_x + \bar{m}_1 W'_y + q_1(x, y) = 0, \quad (19)$$

где  $t, k, m, m_1$  - коэффициенты, зависящие от  $x$  и  $y$ .

Это дифференциальное уравнение (19) представляет собой пространственно-упругую неоднородную базовую модель.

Если

$$E(x, y, z) = E(z) = E_0 f_0(z), \quad (20)$$

то дифференциальное уравнение (19) принимает следующий вид:

$$2\bar{t}\nabla^2 W - \bar{k}W + q_1 = 0, \quad (21)$$

Пусть равномерно распределенный груз  $q$  размещен на окружности радиуса  $R$ . Решим задачу в цилиндрической системе координат.

В такой постановке задачи уравнение (19) сводится к двум дифференциальным уравнениям в форме Бесселя:

$$\left. \begin{aligned} \text{для нагруженной части основания } 0 \leq \rho \leq R \\ \frac{\partial^2 W_1}{\partial \rho^2} + \frac{1}{\rho} \frac{\partial W_1}{\partial \rho} - \bar{\alpha}^2 W_1 = \frac{q}{2\bar{t}}, \end{aligned} \right\} \quad (22)$$

$$\left. \begin{aligned} \text{для незагруженной части основания } R \leq \rho < \infty \\ \frac{\partial^2 W_2}{\partial \rho^2} + \frac{1}{\rho} \frac{\partial W_2}{\partial \rho} - \bar{\alpha}^2 W_2 = 0. \end{aligned} \right\} \quad (23)$$

Уравнения (22) и (23) имеют следующее решение, основанное на некоторых граничных условиях:

$$w_1(\rho, z) = \frac{q_1}{k} \left[ 1 - \frac{k_1(\bar{\alpha}R)J_0(\bar{\alpha}\rho)}{J_0(\bar{\alpha}R)k_1(\bar{\alpha}R) + J_1(\bar{\alpha}R)k_0(\bar{\alpha}R)} \right] \psi(z), \quad (24)$$

$$w_2(\rho, z) = \frac{q_1}{k_1} \left[ \frac{J_1(\bar{\alpha}R)k_0(\bar{\alpha}\rho)\psi(z)}{J_0(\bar{\alpha}R)k_1(\bar{\alpha}R) + J_1(\bar{\alpha}R)k_0(\bar{\alpha}R)} \right], \quad (25)$$

где  $J_a(\alpha\rho)$ ,  $K_a(\alpha\rho)$  - модифицированные функции Бесселя;  $J_1(\alpha R)$ ,  $K_1(\alpha R)$  - модифицированные функции Бесселя первого порядка.

## Impact Factor:

ISRA (India)	= 6.317	SIS (USA)	= 0.912	ICV (Poland)	= 6.630
ISI (Dubai, UAE)	= 1.582	ПИИЦ (Russia)	= 3.939	PIF (India)	= 1.940
GIF (Australia)	= 0.564	ESJI (KZ)	= 8.771	IBI (India)	= 4.260
JIF	= 1.500	SJIF (Morocco)	= 7.184	OAJI (USA)	= 0.350

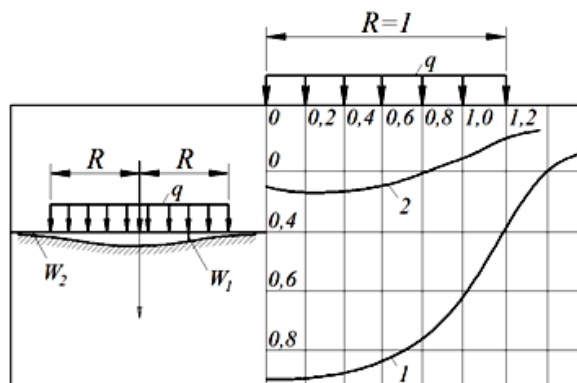


Рис. 5. Расчетная схема

Как видно из рисунка 5, учет неоднородности основания приводит к значительному уменьшению осадки основания. Для сравнения на этом рисунке показан график оседания однородной базовой поверхности.

Дифференциальное уравнение изгиба бесконечно длинной балочной пластины, лежащей на основании с переменными свойствами, выражается в безразмерных координатах с помощью условия близости к основанию в следующем виде:

$$\frac{\partial^4 V}{\partial \eta^4} - 2\bar{r}^2 \frac{\partial^2 V}{\partial \eta^2} - 2\bar{n}^2 \frac{\partial V}{\partial \eta} + \bar{S}^4 V = \frac{L^4}{D} P. \quad (26)$$

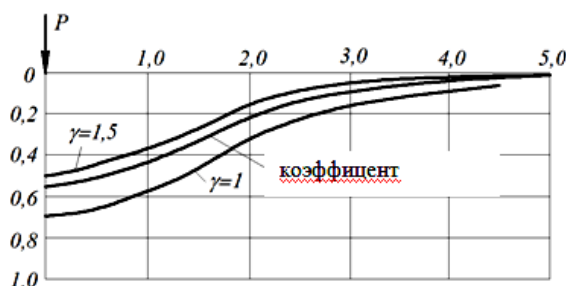


Рис. 6. Безразмерные участки базового поселения (\$N \rightarrow \infty\$)

На рис. 6 представлены безразмерные графики \$V\$, рассчитанные по формуле (28).

Также в третьем пункте этой главы дан расчет бесконечной балки конечной длины на неоднородном основании.

В этом случае расчет бесконечной одиночной балки приводит к определению струйного давления балки, покоящейся на неоднородном основании.

Если учесть, что упругость основания меняется с глубиной

$$\left. \begin{aligned} E(x, y) = E(y) = E \cdot f(y) \\ \nu(x, y) = \nu(y) = \nu = const \end{aligned} \right\} \quad (27)$$

а если предположить, что на бесконечно длинную пластину действует сосредоточенная нагрузка, то уравнение (26) будет иметь следующее решение:

$$V(\eta) = \frac{1}{2\bar{\alpha}_1 \bar{\beta}_1 \bar{S}^2} \frac{P(1-\nu_0^2)}{E_0 \delta} [\bar{\alpha}_1 F_1 + \bar{\beta}_1 F_2]. \quad (28)$$

В этом случае осадка балки и неоднородного основания выражается следующим соотношением.

$$V = C_0 - \theta x \quad -l \leq x \leq l, \quad (29)$$

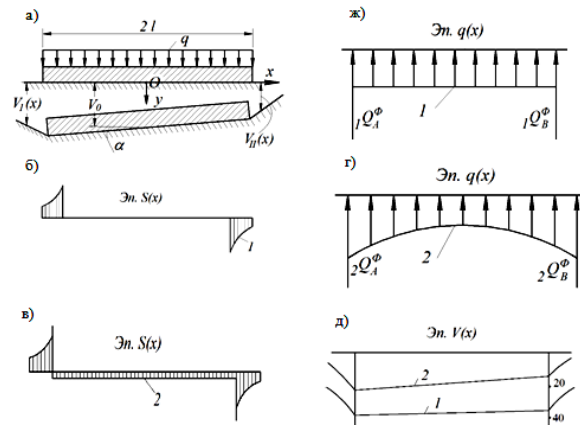
В этом случае \$S\_0\$ — осадка балочной плиты; \$\theta = \operatorname{tg} \alpha\$ — тангенс угла отклонения луча относительно горизонта (рис.7 а).

## Impact Factor:

ISRA (India) = 6.317  
 ISI (Dubai, UAE) = 1.582  
 GIF (Australia) = 0.564  
 JIF = 1.500

SIS (USA) = 0.912  
 ПИИЦ (Russia) = 3.939  
 ESJ (KZ) = 8.771  
 SJIF (Morocco) = 7.184

ICV (Poland) = 6.630  
 PIF (India) = 1.940  
 IBI (India) = 4.260  
 OAJI (USA) = 0.350



**Рисунок 7. Однородная (1) и неоднородная (2) основные диаграммы:**

а) случай распределенной нагрузки, действующей на балочную пластину, лежащую на неоднородном основании;

б)  $S(x)$  - обобщенная диаграмма поперечной силы однородного основания;

в)  $S_1(x)$  - обобщенная диаграмма поперечной силы неоднородного основания;

ж)  $1Q_A^\phi, 1Q_B^\phi$  - реактивные давления, образующиеся на краях балки, лежащей на однородном основании;

з)  $2Q_A^\phi, 2Q_B^\phi$  - реактивные давления, образующиеся на краях балки, лежащей на неоднородном основании;

д) с учетом неоднородного характера основания (по вертикали и горизонтали) из-за действия равномерно распределенной нагрузки его осадка по абсолютной величине ниже по сравнению с осадкой однородного основания (15%-18%) будет быть значительно меньше.

При этом реактивное давление основания  $q$  определяется следующим соотношением:

$$q = \bar{k}V(x) - 2\bar{t}_1\theta_0. \quad (30)$$

Если модуль деформации грунта

$$E(x, y) = F(x, y)E_0 = f_0(y)f_1(x)E_0, \text{ bo'lib} \quad (31)$$

$$F(x, y) = e^{\lambda x} \frac{H + \kappa y}{H}, \psi_{(y)} = \frac{Sh\bar{\gamma}(H - y)}{Sh\bar{\gamma}H} \quad (32)$$

Если, получаем соотношение, представляющее просадку неоднородного основания:

$$V(x) = \frac{P_0}{2\bar{t}(1 + \omega)} (\eta - \xi x), \quad -\ell < x < \ell \quad (33)$$

На рис. 8 представлены безразмерные графики  $S(x)$ ,  $q(x)$  и  $V(x)$  неоднородного основания для следующих начальных параметров:

$$\frac{H}{\ell} = 2, \quad k_0 = 6,3, \quad v_0 = 0,25, \quad \gamma = 1,5, \quad \lambda = 0,25,$$

$$N = 72 \text{ м}, R = 500 \text{ кПа}, Ye_0 = 40 \text{ МПа}.$$

При учете неоднородности основания при нагружении бесконечной одиночной балки равномерно распределенной симметричной нагрузкой (31), (32) балка опускается неравномерно, и ее осадка больше по абсолютной

величине по сравнению с осадкой однородной базы (30 %-35 %) будет значительно меньше.

Также в четвертом пункте третьей главы исследуется просадочное и напряженно-деформированное состояние фундаментов тяжелых сооружений (АЭС, ГЭС и др).

Определение напряженно-деформированного состояния и осадки основания тяжелых сооружений сводится к задаче расчета бесконечной одиночной балки на деформируемом основании.

В этом случае осадка балки и основания определяется на основании (29) из следующего соотношения:

$$V(x_2) = C_0 - \theta x_2 - \ell \leq x_2 \leq \ell, \quad (34)$$

Здесь  $S_0$  и  $\theta$  - тангенс угла падения и отклонения луча относительно горизонта.

Реактивное давление основания

$$q(x_2) = \left[ \int_0^H \bar{k} dF \right] V(x_2) = \bar{k} V(x_2) \quad (35)$$

определяется из уравнения.

Если определить  $S_0$  и  $\theta$  с помощью граничных условий, то осадка неоднородного основания под бесконечной одиночной балкой рассчитывается из следующего соотношения:

$$V(x_2) = \frac{q_0 + \frac{1}{\bar{\alpha}} q_{np}(1 - e^{-2\bar{\alpha}\bar{a}})}{2(\bar{k}\ell + 2\bar{\alpha}\bar{t})} - \frac{3q_{np}(1 - e^{-2\bar{\alpha}\bar{a}})}{2\bar{\alpha}[\bar{k}\ell + 6\bar{t}(1 + \bar{\alpha}\bar{\ell})]}, \quad -\ell \leq x_2 \leq \ell \quad (36)$$

## Impact Factor:

ISRA (India) = 6.317  
 ISI (Dubai, UAE) = 1.582  
 GIF (Australia) = 0.564  
 JIF = 1.500

SIS (USA) = 0.912  
 ПИИЦ (Russia) = 3.939  
 ESJI (KZ) = 8.771  
 SJIF (Morocco) = 7.184

ICV (Poland) = 6.630  
 PIF (India) = 1.940  
 IBI (India) = 4.260  
 OAJI (USA) = 0.350

На рис. 8 показан график оседания  $V(x)$  неоднородной базовой поверхности, основанный на следующих исходных параметрах.

$q=500 \text{ кПа}$ ,  $q_{pr}=250 \text{ кПа}$ ,  $N=72 \text{ м}$ ,  $v_0=0,33$ ,  
 $Y_{e0}=40 \text{ МПа}$ ,  $l=36 \text{ м}$ ,  $a=70 \text{ м}$ ,  $\gamma=1,5$ ,  $\beta_0=6,3$ .

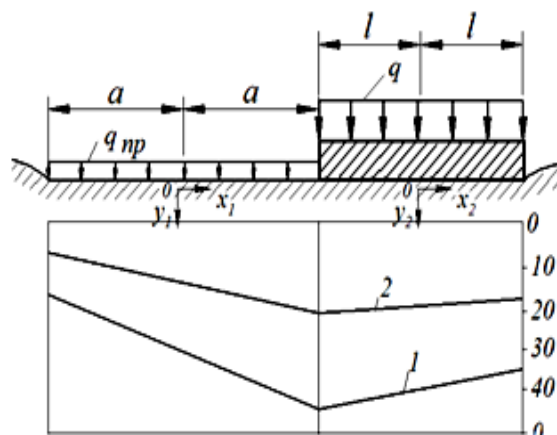


Рис. 8. График оседания  $V(x)$  неоднородной базовой поверхности

$$F(y) = \frac{H + \beta_0 y}{H},$$

$$\psi(y) = \frac{\text{Sh} \bar{\gamma}(H - y)}{\text{Sh} \bar{\gamma} H}, \quad \bar{\gamma} = \frac{\gamma}{\ell}$$

В этом случае представлен расчет упругой балки конечной длины, лежащей на переменном неоднородном основании.

Тогда дифференциальное уравнение упругой балки длины  $l$  на неоднородном основании конечной толщины  $N$  записывается в следующем виде:

$$\frac{\partial^4 V}{\partial \eta^4} - 2\bar{r}^2 \frac{\partial^2 V}{\partial \eta^2} + \bar{S}^4 V = \frac{L^4}{D} q(x). \quad (37)$$

где  $\bar{r}$ ,  $\bar{S}$ ,  $L$ ,  $D$  - постоянные параметры.

Задача решалась методом начальных параметров. С учетом того, что глубина фундамента изменяется при воздействии на упругую балку сосредоточенной нагрузки, строится эпюра изгибающего момента, в результате чего уменьшение изгибающего момента наступит.

## References:

1. Rasulov, Kh.Z., & Toshxujayev, A.U. (2017). Depth of the diluted zone in the hu-midi-fied loess bases under shaking conditions. *European Science Review*, 2017, №3-4.
2. Mirsaidov, M.M., & Sultanov, T.Z. (2015). *Theory and Methods of Strength Assessment of Earts Dams*. Lambert Akademik Publishing. Saarbrucken/ Deutschland/ Germany/, 2015. 341 p. (Monografiya).
3. Mirsaidov, M.M., & Sultanov, T.Z. (2016). Razrabotka teoreticheskix osnov dlya osenki dinamiki gruntovkx plotin s uchetom ix vzaimodeystviya s jidkostyu i volnovim unosom energii ot sooruzeniya k osnovaniyu. *Irrigasiya va meliorasiya jumali*, Toshkent, -2016, №2(4), pp.32-41.
4. Mavlonov, T., Toshmatov, E., & Zokirov, I. (n.d.). Modelirovaniye osnovnix zadach sistemnoy bezopasnosti gidrotexnicheskix sooruzeniy. *Agro ilm maxsus soni*. (pp.38-39). Toshkent.
5. Turayev, I.X. (2017). Mexanikani variasion prinsiplarini shakllanishi va tadbig'i haqida ayrim ma'lumotlar. *Me'morchilik va qurilish muammolari*, 2017, N2, pp.145-149.
6. Turayev, I.X. (2017). *Raschet konstruksii na neodnorodnom osnovanii. "Sovremennoye sostoyaniya i perspektivi razvitiya stroitelnoy mexaniki na osnove kompyuternix texnologiy i modelirovaniya"*. Materiali mejdunarodnoy nauchno-texnicheskoy konferensii (posvyashyennoy 80-letiyu akademika ANR.Uz T.Sh.Shirinkulova). 2017 y. 16-17 iyun, pp. 387-401.
7. Turayev, I.X. (2018). Birjinssiz zamin kuchlanish va deformasiya xolatini fazoviy



**Impact Factor:**

**ISRA (India) = 6.317**  
**ISI (Dubai, UAE) = 1.582**  
**GIF (Australia) = 0.564**  
**JIF = 1.500**

**SIS (USA) = 0.912**  
**PIHII (Russia) = 3.939**  
**ESJI (KZ) = 8.771**  
**SJIF (Morocco) = 7.184**

**ICV (Poland) = 6.630**  
**PIF (India) = 1.940**  
**IBI (India) = 4.260**  
**OAJI (USA) = 0.350**

- tadqiq etish. *ToshIIT. Vestnik*, 2018 y, N1, pp. 59-64.
8. Mardonov, B., & Turayev, I.X. (2018). Birjinssiz elastik asos nazariyasiga V.Z.Vlasovning variatsiya usulini qo'llash. *Me'morchilik va qurilish muammolari*, 2018 y, N3, pp. 153-155.
  9. Turayev, I.X. (2018). Birjinssiz asosni tashqi yuk ta'siridan cho'kishi va kuchlanish-deformatsiya holati. *Me'morchilik va qurilish muammolari*, 2018 y, N4, pp. 117-120.
  10. Turayev, I.X. (2018). *Tashqi yuk ta'siridan bir jinssiz asos sirtini cho'kishi. Innovatsionniye texnologii v stroitelstve*. Nauchniye trudi Respubli-kanskoy nauchno-texnicheskoy konferensii s uchastiyem zarubejnix uchenix. TIJIT, 2018Y, N13, pp.53-57.
  11. Turayev, I.X. (2018). Obshyeye postanovka i resheniye trexmernoy zadachi nasledstvenno-stareyushix tel metodom nachalnix funktsii. *Me'morchilik va qurilish muammolari*, 2018 y, N4, pp. 142-145.
  12. Ilyinskiy, V.S. (1982). *Zashita REA i prestizonnogo oborudovaniya ot dinamicheskoy vozdeystvie*. (p.296). Moscow: Radio i svyaz.
  13. Koltunov, M.A., Mayboroda, V.P., & Kravchuk, A.S. (1983). *Deformatsiyalanuvchi qattiq jismning amaliy mexanikasi*. (p.345). Moscow: Oliy maktab.
  14. Kolovskiy, M.Z. (1966). *Vibratsiyadan himoya qilish tizimlarining nohiziqli nazariyasi*. (p.320). Moscow: Nauka.
  15. Kulmurotov, N.R., Ishmamatov, M. R., Khalilov, Sh., & Akhmedov, N. (2021). Dynamic vibration extinguished on a viscously elastic base. *Int. J. of Applied Mechanics and Engineering*, 2021, vol.26, No.2, pp.1-10.