ISNN 3030-3907

2025/4
VOLUME 6

DEVELOPMENT OF SCIENCE

ILMIY JURNAL



Development of science

Ilmiy jurnal

2026/4 VOLUME 6

ISSN 3030 -3907

Ilmiy jurnal OAK rayosatining 2024 yil 27 sentabrdagi 361-son qaroriga asosan 02.00.00 kimyo fanlari hamda 2025 yil 12 fevral 367- son qaroriga asosan 05.00.00 texnika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD) va fan doktori (DSc) ilmiy darajasiga talabgorlarning dissertatsiya ishlari yuzasidan dissertatsiyalari asosiy ilmiy natijalarini chop etish tavsiya etilgan milliy ilmiy nashrlar ro‘yxatiga kiritilgan.

BOSH MUHARRIR:
Temirov Alisher Hoshim o‘g‘li – texnika fanlari falsafa doktori (PhD),Dotsent.
TAHRIRIYAT KENGASH RAISI:
Fozilov Sadriddin Fayzullayevich – texnika fanlari doktori, professor
TAHRIRIYAT KENGASH A’ZOLARI

TEXNIKA FANLARI/ TECHNICAL SCIENCES/ ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Bozorov G‘ayrat Rashidovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Abdurahmonov Olim Rustamovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Adizov Bobur Zamirovich
O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Umumiy va noorganik kimyo instituti, professor
Hayitov Ruslan Rustamjonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Jumayev Qayum Karimovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Berdiyev Dorob Murodovich
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti, professor
Maxmudov Rafiq Amonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Tilloyev Lochin Ismatilloyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Raxmonov Qahramon Sanakulovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Barakayev Nusratullo Rajabovich
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti, professor.
Jo‘rayev Xayrullo Fayziyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Panoyev Erali Rajabboyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Ataullayev Sherzod Nabiullyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Murodov Malik Negmurodovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Axmedova Ozoda Bahronovna
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti.
Safarov Bahri Jumayevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Xaydarov Axtam Amonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Safarov Jasur Alijon o‘g‘li
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Асадова Раъно Дилмуратовна
Тошкент Давлат техника университети доценти

KIMYO FANLARI/ CHEMICAL SCIENCES/ ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Axmedov Voxid Nizomovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Umarov Baqo Bafoyevich
Buxoro Davlat Universiteti, professor
Kodirov Abduaxad Abduraximovich
Qarshi davlat Universiteti, professor
Qurbonov Mingniqul Jumagulovich
Qarshi davlat Universiteti, dotsent
Turemuratov Sharibay Naurizbaevich
O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Qoraqalpog‘iston bo‘limi Bosh ilmiy kotibi, professor
Tursunov Kaxor Shonazarovich
Qarshi davlat Universiteti, professor
Do‘stov Hamro
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Panoyev Nodir Shavkatovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Olimov Bobur Bahodir o‘g‘li
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Kasimov Sherzod Abduazimovich
Termiz Davlat Universiteti, professor.
Aliqulov Rustam Valiyevich
Termiz Davlat Universiteti, professor
Tropov Xamza Tursunovich
Samarqand Davlat Universiteti, professor

IQTISODIYOT FANLARI/ ECONOMICS/ ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Nizamov Aslitdin Badreddinovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Boboyev Akmal Choriyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Ergashxojayeva Shaxnoza Djasurovna
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, professor
Saidaxmedova Nodira Ilxomovna
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, professor
Muxsinov Bekzod Toxirovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Shakarov Qulmat Ashirovich
Renessans ta'lim universiteti,dotsent.
Jumaeva Zulfiya Qayumovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Norova Salomat Yusupovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Avezova Shaxnoza Maxmudjonovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Jalilov Jamshid G‘anijonovich
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, dotsent
Xasanova Gulruh Djumanazarovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.

PEDAGOGIKA FANLARI/ PEDAGOGICAL SCIENCES / ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

Siddiqova Sadoqat G‘afforovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Zoyirov Erkin Xalilovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, DSc, professor
Gaffarov Feruz Hasanovich
Puchon Universiteti, *professor*
Ruziyev Davron Yuldashevich
Buxoro Davlat Universiteti, professor
Muradova Firuza Rashidovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Yunusova Gulandon Samiyevna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
To‘xtayeva Zebo Sharifovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Navro‘zova Gulchixra Nigmatovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Uzoqova Laylo Polvonovna
Buxoro muhandislik – texnologiya instituti, dotsent.
To‘raqulova Marjona Qiyom qizi
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Muradova Zarina Rashidovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Murodov Sanjar Aslonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Shodiyev Jahongir Jo‘raqulovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent
Gaffarov Laziz Hasanovich
Buxoro muhandislik – texnologiya instituti, dotsent.

Tahririyat a’zolarning to‘liq ro‘yxati jurnalning www.devos.uz saytida keltirilgan.

Tahririyat hay’ati a’zolarining tarkibini o‘zgartirish hamda qo‘shimcha kiritish yoki tahririyat a’zoligidan chiqarish bosh muharrir tomonidan amalga oshiriladi.

ISSN 3030-3907

Development of science ilmiy jurnali 2024 yil 15 aprel kuni №256445 sonli guvohnoma bilan Davlat ro‘yxatidan o‘tgan.

To‘plam elektron ko‘rinishda (pdf formatida) mualliflarga taqdim etiladi. To‘plamga kiritiladigan maqolalarning mazmuni, ulardagi statistik ma’lumotlar va me’yoriy hujjatlarning to‘g‘riligiga hamda har qanday fikr - mulohazalarga mualliflarning o‘zlari mas’ul hisoblanadilar. Talablarga javob bermaydigan maqolalar to‘plamga kiritilmaydi. Tashkiliy qo‘mita maqola matnini qisqartirish, qisman tuzatish kiritish, seksiyalarga joylashtirish huquqiga ega.

ISSN 3030-3907

ЗАДАЧА О ДЕЙСТВИИ ПЛОСКОЙ УДАРНОЙ ВОЛНЫ НА ПОДАТЛИВОЕ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЕ ТЕЛО НАХОДЯЩЕЙСЯ В НЕЛИНЕЙНОЙ СРЕДЕ

К.Атабаев

Андижанский государственный технический институт ф-м.ф.н., доцент

E-mail: atabayev.kamil@gmail.com

Annotatsiya. Gruntli muhitda joylashgan egiluvchan deformatsiyalanmaydigan silindrga yassi bir o‘lchovli to‘lqin ta’siri haqidagi masala o‘rganilgan. Muhit modeli grunt tuzilishiga ko‘ra tavsiflanadi. Bunda yuklanish jarayonlari uchun kuchlanishlarni deformatsiyalardan bog‘lash uchun eksperimental ma’lumotlardan foydalaniladi va ular yuklanishlar uchun ham, yuksizlanishlar uchun ham o‘rinli bo‘lib qoladi, ya’ni muhit nochiziqli deb faraz qilinadi.

Kalit so‘zlar: grunt muhiti, bir o‘lchamli to‘lqin, yuksizlanish to‘lqini, zarrachalar usuli, zarba to‘lqini.

Аннотация. Рассматривается задача о действии плоской одномерной волны на податливый не деформируемый цилиндр находящийся в грунтовой среде. Модель среды описывается согласно модели грунтовой среды. При этом используется экспериментальные данные для связи напряжений от деформаций для процессов нагружено и предполагается, что они остаются справедливыми как для нагружённый, так и разгружённый, то есть среда предполагается нелинейной.

Ключевые слова: грунтовая среда, одномерная волна, волна разгрузки, метод частиц, ударная волна.

Annatation. The problem of a plane one-dimensional wave on a flexible non-deformable cylinder located in a ground medium is considered. The medium model is described according to the ground medium model. In this case, experimental data are used to relate stresses to deformations for loading processes, and it is assumed that they remain valid for both loading and unloading, i.e., the medium is assumed to be nonlinear.

Keywords: ground environment, one-dimensional wave, unloading wave, particle method, shock wave.

ВВЕДЕНИЕ.

В данной работе рассматривается задача о плоской одномерной волны на податливый недеформируемый цилиндр находящийся в грунтовой среде. Модель среды описывается согласно модели грунтовой среды [1]. При этом используется экспериментальные данные для связи напряжений от деформаций для процессов нагружения и предполагается, что они остаются

ISSN 3030-3907

справедливыми как для нагружений, так и разгружений, то есть среда предполагается нелинейной. Применяется метод крупных частиц Х.А. Рахматулина с его модификацией. Задача сводится к задаче Коши с соответствующими начальными данными. Результаты числовых расчётов и их анализ составляет отдельную статью.

Пусть в начальный момент времени $t=0$ фронт ударной волны достигает образующую цилиндра и движется по направлению оси OX. в рассматриваемой плоской задаче примем условия прилипания на поверхности жёсткого цилиндра, выражающиеся в том, что перемещения в каждой точке соприкасания конструкции и среды одни и те же.

Для модели среды {1}, используя экспериментальные данные, примем следующие зависимости:

$$\lambda(\varepsilon,\varepsilon_i)=\alpha_1-\alpha_2\varepsilon-\frac{2}{9}(\beta_1+\beta_2\varepsilon_i),\quad G=\frac{1}{3}(\beta_1+\beta_2\varepsilon_i) \qquad (1)$$

где для мелкозернистого песка: $\alpha_1=18\cdot10^2\ kg/cm^2$, $\alpha_2=82\cdot10^3\ kg/cm^2$,

$$\beta_1=42\cdot10^2\ kg/cm^2,\ \beta_2=18\cdot10^4\ kg/cm^2.$$

Пусть за фронтом падающей ударной волны напряжения $X_x=-P_0$ ($(P_0\succ 0-const)$ и её скорость $D=const$).

Имеем следующие соотношения на ударной волне:

$$\begin{cases}\rho_1(D-V_x)=\rho_0 D\\ \rho_0 DV_x=-X_x\\ \rho_0=\rho_1(1+u_x)\end{cases} \qquad (2)$$

Если принять $X_x=-100\frac{kg}{cm^2}$, $\rho_0=200\frac{kg\cdot cek^2}{m^4}$, то можно определить

$D=545\frac{m}{c}$, $V_x=9{,}17\frac{m}{c}$, $\rho_0=203{,}42\frac{kg\cdot cek^2}{m^4}$.

Задачу от отражения волн от податливого цилиндра целесообразно рассмотреть в цилиндрической системе координат. За фронтом ударной волны перемещения в радиальном направлении $u(r,\theta,t)$ и в касательном направлении $\upsilon(r,\theta,t)$ для падающей волны имеет вид:

$$\begin{aligned}u(r,\theta,t)&=-10^{-2}\cdot1{,}682[(r_0+r)\cos\theta-Dt+r_0]\cos\theta;\\ \upsilon(r,\theta,t)&=-10^{-2}\cdot1{,}682[(r_0+r)\cos\theta-Dt+r_0]\cos\theta;\end{aligned} \qquad (3)$$

Значения скоростей частиц определяются формулами:

$$\dot{u}=V_x\cos\theta,\quad \dot{\upsilon}=V_x\sin\theta.$$

ISSN 3030-3907

Для написания уравнения движения среды фиксируем исходное состояние среды и мысленно проведём радиальные прямые исходящие из начала координат и ортогональные к ним окружности так, чтобы плоскость покрывалась сетью криволинейных четырехугольников. Определим радиусы концентрических окружностей через $r_0 + r_k$, где $r_k = \frac{2k-1}{2} \cdot \Delta r$ ($k = 1,2,... \Delta r = \frac{b - r_0}{n_1}$, b - некоторый фиктивный внешний радиус). Полярные углы обозначим $\theta_s = \frac{2s-1}{2} \cdot \Delta\theta$ ($\Delta\theta$ - углы, соответствующие к рассматриваемым криволинейным элементам).

Напишем уравнение движение произвольного выделенного элемента, положения которых в искомых состояниях определяются координатами $(r_0 + r_k, \theta_s)$.

Значение напряжений в серединных точках четырёх сторон криволинейного элемента определяются разностными соотношениями. Из-за громоздкости эти выражения $\sigma_{rr}[r_0 + k \cdot \Delta r, \theta_s]$, $\sigma_{r\theta}[r_0 + r_k, s \cdot \Delta\theta]$, $\sigma_{\theta\theta}[r_0 + r_k, s \cdot \Delta\theta]$, $\sigma_{r\theta}[r_0 + k \cdot \Delta r, \theta_s]$ не приводятся. Задача симметрична относительно оси и поэтому можно ограничиться изучением движения среды в области $r_0 \le r \le b$ и $0 \le \theta \le \pi$.

Определив $m_{k,s}$ - массы выделенных элементов единичной толщины, имеем следующую систему дифференциальных уравнений для их описания в радиальных и тангенциальных направлениях:

$$m_{k,s}\ddot{u}_{k,s} = -\theta_{rr}[r_0 + \Delta r(k-1), \theta_s][r_0 + \Delta r(k-1)]' \Delta\theta + \sigma_{rr}[r_0 + \Delta r, k/\theta_s] \cdot$$

$$\cdot [r_0 + \Delta rk]\Delta\theta - \sigma_{r\theta}[r_0 + r_k, (s-1)\Delta\theta]\Delta r \cos\frac{\Delta\theta}{2} + \sigma_{r\theta}[r_0 + r_k, s\Delta\theta]\Delta r \cos\frac{\Delta\theta}{2} - \quad (4)$$

$$-\theta_{\theta\theta}[r_0 + r_k, (s-1)\Delta\theta] \cdot \sin\frac{\Delta\theta}{2} - \sigma_{\theta\theta}[r_0 + r_k, s\Delta\theta]\Delta r \sin\frac{\Delta\theta}{2}$$

$$m_{k,s}\ddot{\upsilon}_{k,s} = -\sigma_{\theta\theta}[r_0 + \Delta r(s-1), \Delta\theta]\Delta r \cos\frac{\Delta\theta}{2} + \sigma_{\theta\theta}[r_0 + r_k, s\Delta\theta_s] \cdot$$

$$\Delta r \cos\frac{\Delta\theta}{2} - \sigma_{r\theta}[r_0 + (k-1)\Delta r, \theta_s][r_0 + (k-1)\Delta r]\Delta\theta + \sigma_{r\theta}[r_0 + k\Delta r, \theta_s] \cdot$$

$$\Delta r \cos\frac{\Delta\theta}{2} - \sigma_{r\theta}[r_0 + (k-1)\Delta r, \theta_s][r_0 + (k-1)\Delta r]\Delta\theta + \sigma_{r\theta}[r_0 + k\Delta r, \theta_s] \cdot$$

$$\cdot (r_0 + k\Delta r)\Delta\theta + \sigma_{e\theta}[r_0 r_k, (s-1)\Delta\theta]\Delta r \sin\frac{\Delta\theta}{2} + \sigma_{r\theta}[r_0 + r_k, s\Delta\theta]\Delta r \sin\frac{\Delta\theta}{2}$$

ISSN 3030-3907

Имеем следующее уравнение для движения цилиндра единичной толщины массы M:

$$M\ddot{u}_0 = \frac{2\pi r_0}{n_1}\sum\{\sigma_{rr}[r_0,\theta_i]\cos\theta_i - \sigma_{r\theta}[r_0,\theta_i]\sin\theta_i\}, \qquad (5)$$

где $u_0(t)$ - перемещение центра масс цилиндра по оси OX, n_1-число делений окружности радиуса r_0.

На границе цилиндра при $r = r_0$ выполняются условия:

$$u_{k,s} = u_0\cos\theta_s, \quad v_{k,s} = -u_0\sin\theta_s. \qquad (6)$$

Движение системы частиц и цилиндра описываются уравнениями (4) и (5) в области $r_0 \le r \le b$. Вдоль дуги при $r = b$ и $0 \le \theta \le \arccos((Dt - r_0)/b)$: $u_{k,s} = v_{k,s} = 0$, если $\arccos((Dt - r_0)/b) \le \theta \le \pi$, то σ_{rr}, $\sigma_{r\theta}$, $\sigma_{\theta\theta}$ определяются из формул падающей волны. Система уравнений является замкнутой. Начальные условия из условий (3) за фронтом волны, а впереди него они равно нулю.

Пусть на жесткий бесконечно длинный цилиндр радиуса r_0 и плотностью $\rho_ц$, расположенный в упруго-пластической среде, набегает плоская волна сжатия с временем нарастания t_1, длительностью t_3, которая включает в себя участок максимального значения нагрузки $(t_2 - t_1)$ (рис.1). Исследуется не стационарный процесс обтекания цилиндра волной сжатия **Σ** с учетом его подвижности. Для решения задачи в полярной системе координат (r, φ) выписываются уравнения движения цилиндра:

$$\rho_ц\,\pi\,r_0^2\ddot{w} = r_0\int_0^{2\pi}(\sigma_{rr}cos\varphi - \sigma_{r\varphi}sin\varphi)d\varphi \qquad (7)$$

И упруго-пластической среды:

ISSN 3030-3907

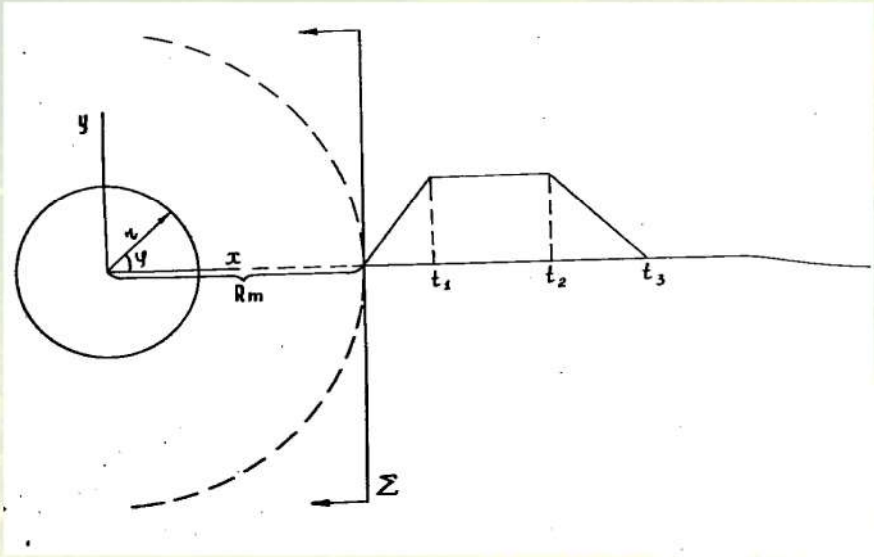


Рис.1. Схематическая картина набегания волны на цилиндр.

$$\rho_{\text{ср}}\frac{\partial^2 \mathcal{U}}{\partial t^2}=\frac{\partial б_{rr}}{\partial r}-\frac{1}{r}\frac{\partial б_{\varphi\varphi}}{\partial \varphi}+\frac{\left(б_{rr}-б_{\varphi\varphi}\right)}{r}, \quad (8)$$

$$\rho_{\text{ср}}\frac{\partial^2 v}{\partial t^2}=\frac{\partial б_{r\varphi}}{\partial r}+\frac{1}{r}\frac{\partial б_{\varphi\varphi}}{\partial \varphi}+\frac{б_{r\varphi}}{r},$$

Где: $\rho_{\text{ср}}$ –плотность среды; $\mathcal{U}, v$ – перемещения соответственно по r и φ ; $б_{rr}, б_{\varphi\varphi}, б_{r\varphi}$ –компоненты напряжения среды; $\ddot{W}$ –ускорение цилиндра как твердого тела.

Начальные условия задаются параметрами среды в падающей волне, вне падающей волны – покой. Как было сказано выше, для решения задачи использована деформационная теория:

$$(9)\quad б_{rr}=\lambda\mathcal{E}+2\mu\mathcal{E}_{rr},\ \ldots,\ б_{r\varphi}=\mu\mathcal{E}_{r\varphi},$$

$$(10)\quad \lambda=\frac{б(\mathcal{E})}{\mathcal{E}}-\frac{2}{9}\frac{б_i(\mathcal{E}_i)}{\mathcal{E}_i}, \qquad \mu=\frac{1}{3}\frac{б_i(\mathcal{E}_i)}{\mathcal{E}_i},$$

В случае, когда б=$К_0\mathcal{E}$ и функция формоизменения $б_i=б_i(\mathcal{E}_i)$ Подчиняется схеме Прандтля, т.е.:

$$(11)\ б_i=\begin{cases}K_i\cdot\mathcal{E}_i & \text{при упругих деформациях,}\\ б_{is}+K_2(\mathcal{E}_i-\mathcal{E}_{is}) & \text{при } \mathcal{E}_i>\mathcal{E}_{is},\\ б_i^0+K_1\left(\mathcal{E}_i-\mathcal{E}_i^0\right) & \text{при разгрузке,}\end{cases}$$

$$\text{Где: } б_i=\frac{1}{\sqrt{2}}\sqrt{\left(б_{rr}-б_{\varphi\varphi}\right)^2+\left(б_{\varphi\varphi}-б_{\theta\theta}\right)^2+(б_{\theta\theta}-б_{rr})^2+6б_{r\varphi}^2},$$

$$\mathcal{E}_i=\frac{\sqrt{2}}{3}\sqrt{\left(\mathcal{E}_{rr}-\mathcal{E}_{\varphi\varphi}\right)^2+\left(\mathcal{E}_{\varphi\varphi}-\mathcal{E}_{\theta\theta}\right)^2+(\mathcal{E}_{\theta\theta}-\mathcal{E}\mathcal{E}_{rr})^2+\frac{3}{2}\mathcal{E}_{r\varphi}^2},$$

ISSN 3030-3907

- интенсивности напряжений и деформации;

$б = \frac{(б_{rr}+б_{\varphi\varphi}+б_{\theta\theta})}{3}$, $\mathcal{E} = \mathcal{E}_{rr} + \mathcal{E}_{\varphi\varphi} + \mathcal{E}_{\theta\theta}$ - гидростатическое давление и объемная деформация ; K_0 – коэффициент объемного сжатия; K_1, K_2 – заданные постоянные положительные величины; $б_{is}$, $\mathcal{E}_i^0$ - интенсивности напряжений и деформации в точке начала разгрузки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Х.А. Рахматулин, А.Я. Сагомонян, Н.А. Алексеев, «Вопросы динамики грунтов», 1964г., Изв. МГУ.
2. Рахматулин Х.А., Сагомонян А.Я., Алексеев А.А. Вопросы динамики грунтов. М., изд. МГУ, 1964.
3. Рихтмайер Р., Мортон К. Разностные методы решения краевых задач. М., изд. "Мир", 1972.
4. Малинин Н.И. Прикладная теория пластичности и ползучести. М., 1975.
5. "Механический эффект подземного взрыва" под редакцией академика Садовского М.А., М., 1972.

ISSN 3030-3907