

Баялиева Ж.А.

**РАСПРЕДЕЛЕНИЕ НАПРЯЖЕНИЙ ВБЛИЗИ УСТУПА СКЛОНА ГОРЫ
ОТ СОВМЕЩЕННОГО ДЕЙСТВИЯ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ НАГРУЗКИ
И ТЕКТОНИЧЕСКОГО СЖАТИЯ**

Zh.A. Baialieva

**DISTRIBUTION OF STRESSES NEAR A MOUNTAIN SLOPE LEDGE
FROM THE COMBINED EFFECT OF LOAD DISTRIBUTION
AND TECTONIC COMPRESSION**

УДК:531.5:622.833.5

В статье приводится анализ распределения напряжений в поле действия нагрузки и тектонического сжатия в глубине массива. Результаты изображены в виде эпюры распределения

Summary. This article provides an assessment of the distribution of stresses near a ledge mountain slope from the combined action of load distribution and tectonic compression. The results are shown as stress distribution diagrams.

Аналитическое описание напряженного состояния массивов пород вблизи уступа склона горы необходимо для обеспечения безопасности и устойчивых условий эксплуатации различных инженерных сооружений, которые размещаются на уступе в виде дорог, жилых и промышленных зданий. Во всех случаях веса нагруженного транспорта, зданий и других сооружений через их основания действуют как вертикальные, так и горизонтальные распределенные нагрузки.

Интенсивность вертикальных нагрузок обозначим через N , а интенсивность горизонтального тектонического сжатия через T_x . За расчетную модель массива уступа склона горы, как в работах [1-2], принимаем такую полубесконечную область, которая отображается на полуплоскость вспомогательного переменного $\zeta(\xi, \eta) := \xi + i \cdot \eta$.

Отображающая функция [1-2] имеет вид:

$$\omega(\xi, \eta) := \alpha \cdot \zeta(\xi, \eta) + \omega_0(\xi, \eta) \tag{1}$$

Где
$$\omega_0(\xi, \eta) := \frac{a1}{\zeta(\xi, \eta) - i} + \frac{b1}{\zeta(\xi, \eta) + t0 - i}$$

При $\alpha := 65$ $a1 := 200$ $b1 := 600$ $t0 := -2.28$ гора с уступом имеет поперечное сечение,

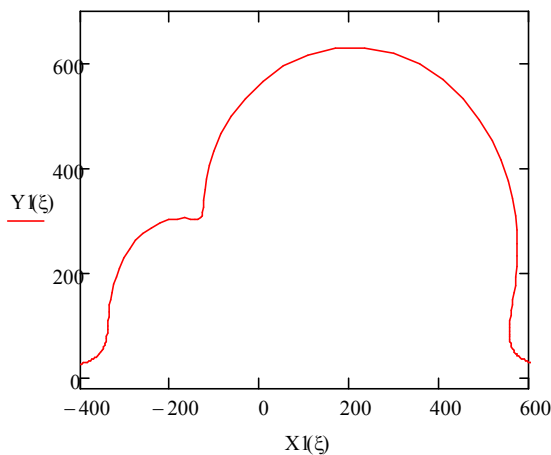
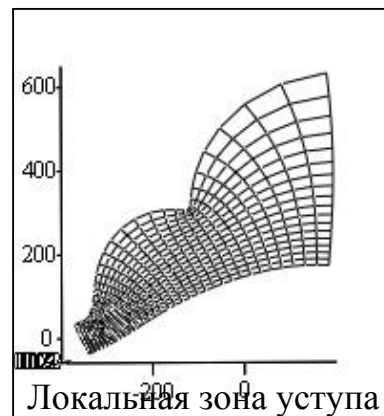


Рис.1.а



CreateMesh (F, -3.5, 2.2, 0, -1.6, 35, 18)

Рис.2.а

которая представлена на рисунке 1.а. Здесь зона уступа, отсеченная от остальной части склона горы, представлено на рис.1.б. Уступ расположен на высоте 304-305 метров от нижнего основания склона горы и имеет ширину 50 метров. Горизонтальный участок уступа сопряжен почти вертикально с основанием верхней части склона горы.

Напряженное состояние такого уступа склона горы от действия силы гравитации исследовано в наших работах [1-2]. Теперь рассмотрим случай, когда на горизонтальном участке уступа склона горы действует распределенная нагрузка N в пределах от $t1$ и $t2$. Тектоническая сила T_x направлена горизонтально и имеет постоян-

ную интенсивность по глубине массива земной горы. В работе[1] общее решение первой основной задачи для областей, которые отображаются функцией (1) найдены в виде:

$$\Phi(\xi, \eta) := \frac{(B(\xi, \eta) - G(\xi, \eta))}{\omega p1(\xi, \eta)} \quad \Psi(\xi, \eta) := \frac{D3(\xi, \eta) + D\Psi3(\xi, \eta)}{\omega p1(\xi, \eta)} \quad (2)$$

Где обозначено:

$$G(\xi, \eta) := n1(\xi, \eta) \cdot \overline{\Phi0} + n4(\xi, \eta) \cdot \overline{\Phi0t} \quad B(\xi, \eta) := Bt(\xi, \eta) + Bn(\xi, \eta)$$

$$D3(\xi, \eta) := A(\xi, \eta) - \alpha \cdot \Phi(\xi, \eta) - \alpha \cdot \zeta(\xi, \eta) \cdot \Phi p1(\xi, \eta)$$

$$D\Psi3(\xi, \eta) := \begin{cases} D\Psi3 \leftarrow D3c1(\xi, \eta) & \text{if } |\zeta(\xi, \eta) + i| \leq (0.3) \\ D\Psi3 \leftarrow D3c2(\xi, \eta) & \text{if } |\zeta(\xi, \eta) + t0 + i| \leq 0.3 \\ D\Psi3 \leftarrow D3c3(\xi, \eta) & \text{if } (|\zeta(\xi, \eta) + i| > 0.3 \wedge |\zeta(\xi, \eta) + t0 + i| > 0.3) \\ D\Psi3 & \end{cases}$$

$$\omega p1(\xi, \eta) := \omega0p1(\xi, \eta) + \alpha \quad \omega0p1(\xi, \eta) := -\frac{a1}{(\zeta(\xi, \eta) - i)^2} - \frac{b1}{(\zeta(\xi, \eta) + t0 - i)^2}$$

$$A(\zeta) = \frac{1}{2\pi i} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{(N+iT)\overline{\omega'(t)}dt}{t-\zeta}, \quad B(\zeta) = \frac{1}{2\pi i} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{(N-iT)\omega'(t)dt}{t-\zeta} \quad (3)$$

Интегралы типа Коши в(3) зависят только от заданных на контуре N-нормальных и T-касательных внешних нагрузок.

Распределение напряжений представим в виде суммы двух полей напряжений:

$$\sigma x = T_x + \sigma x^T + \sigma x^N, \quad \sigma y = \sigma y^T + \sigma y^N, \quad \tau xy = \tau xy^T + \tau xy^N \quad (4)$$

Первое поле напряжений с индексом сверху «Т» обусловлено влиянием горизонтального тектонического сжатия массива. Второе поле напряжений с индексом сверху «N» характеризует от веса сооружений N, расположенных на горизонтальном участке уступа склона горы.

Величины граничных условий от тектонического сжатия T_x имеют вид:

$$N+i*T = T_x/2 * [-1 + \omega'(\zeta) / \omega'(\zeta)] \quad (5)$$

При этом на контуре области всюду от -∞ до ∞ компоненты напряжений σ_η и τ_{ξη} равны нулю. Когда нагрузка от веса сооружений действует на конечном участке контура уступа то интегралы типа Коши в (3) превращаются обычным определенным интегралам.

$$N = -p \quad (6)$$

внутри интервала t1 < ζ < t2. Вне указанного участка от -∞ до ∞ N = T = 0.

Интегралы от граничных условий (5) At(ζ) и Bt(ζ). обозначаем An(ζ) и Bn(ζ). и от (6) имеют простой вид:

$$An(\xi, \eta) := Nt \cdot \omega p1c(\xi, \eta) \cdot \ln\left(\frac{t2 - \zeta(\xi, \eta)}{t1 - \zeta(\xi, \eta)}\right) + -bd1c(\xi, \eta) + -bd2c(\xi, \eta) \quad (7)$$

$$Bn(\xi, \eta) := Nt \cdot \omega p1(\xi, \eta) \cdot \ln\left(\frac{t2 - \zeta(\xi, \eta)}{t1 - \zeta(\xi, \eta)}\right) + bd1(\xi, \eta) + bd2(\xi, \eta)$$

Здесь постоянные интегрирования обозначены:

$$p := 10 \quad t1 := 0.15 \quad t2 := 0.45 \quad Nt := \frac{p}{2\pi i} \quad \ln11 := \ln\left(\frac{t2 - i}{t1 - i}\right) \quad \ln12 := \frac{-1}{t2 - i} + \frac{1}{t1 - i} \quad \ln21 := \ln\left(\frac{t2 + t0 - i}{t1 + t0 - i}\right)$$

$$\ln22 := \frac{-1}{t2 + t0 - i} + \frac{1}{t1 + t0 - i} \quad h2 := a1 \cdot \ln11 \cdot Nt \quad H2 := b1 \cdot \ln21 \cdot Nt \quad h1 := a1 \cdot \ln12 \cdot Nt \quad H1 := b1 \cdot \ln22 \cdot Nt$$

$$h2c := h2 \quad H2c := H2 \quad h1c := h1 \quad H1c := H1$$

$$bd1(\xi, \eta) := \frac{h2}{(\zeta(\xi, \eta) - i)^2} + \frac{h1}{(\zeta(\xi, \eta) - i)}$$

$$bd11(\xi, \eta) := \frac{-2 \cdot h2}{(\zeta(\xi, \eta) - i)^3} + \frac{-h1}{(\zeta(\xi, \eta) - i)^2}$$

$$bd12(\xi, \eta) := \frac{6 \cdot h2}{(\zeta(\xi, \eta) - i)^4} + \frac{2 \cdot h1}{(\zeta(\xi, \eta) - i)^3}$$

$$bd13(\xi, \eta) := \frac{-24 \cdot h2}{(\zeta(\xi, \eta) - i)^5} + \frac{-6 \cdot h1}{(\zeta(\xi, \eta) - i)^4}$$

$$bd14(\xi, \eta) := \frac{120 \cdot h2}{(\zeta(\xi, \eta) - i)^6} + \frac{24 \cdot h1}{(\zeta(\xi, \eta) - i)^5}$$

$$bd15(\xi, \eta) := \frac{-720 \cdot h2}{(\zeta(\xi, \eta) - i)^7} + \frac{-120 \cdot h1}{(\zeta(\xi, \eta) - i)^6}$$

$$bd2(\xi, \eta) := \frac{H2}{(\zeta(\xi, \eta) + t0 - i)^2} + \frac{H1}{(\zeta(\xi, \eta) + t0 - i)}$$

$$bd21(\xi, \eta) := \frac{-2 \cdot H2}{(\zeta(\xi, \eta) + t0 - i)^3} + \frac{-H1}{(\zeta(\xi, \eta) + t0 - i)^2}$$

$$bd22(\xi, \eta) := \frac{6 \cdot H2}{(\zeta(\xi, \eta) + t0 - i)^4} + \frac{2 \cdot H1}{(\zeta(\xi, \eta) + t0 - i)^3}$$

$$bd23(\xi, \eta) := \frac{-24 \cdot H2}{(\zeta(\xi, \eta) + t0 - i)^5} + \frac{-6 \cdot H1}{(\zeta(\xi, \eta) + t0 - i)^4}$$

$$bd24(\xi, \eta) := \frac{120 \cdot H2}{(\zeta(\xi, \eta) + t0 - i)^6} + \frac{24 \cdot H1}{(\zeta(\xi, \eta) + t0 - i)^5}$$

$$bd25(\xi, \eta) := \frac{-720 \cdot H2}{(\zeta(\xi, \eta) + t0 - i)^7} + \frac{-120 \cdot H1}{(\zeta(\xi, \eta) + t0 - i)^6}$$

$$bd1c(\xi, \eta) := \frac{h2c}{(\zeta(\xi, \eta) + i)^2} + \frac{h1c}{(\zeta(\xi, \eta) + i)}$$

$$bd2c(\xi, \eta) := \frac{H2c}{[(\zeta(\xi, \eta) + t0) + i]^2} + \frac{H1c}{[(\zeta(\xi, \eta) + t0) + i]}$$

$$\omega p1c(\xi, \eta) := \alpha + \frac{\bar{a}1}{(\zeta(\xi, \eta) + i)^2} - \frac{\bar{b}1}{(\zeta(\xi, \eta) + t0 + i)^2}$$

$$u2(\xi, \eta) := \ln\left(\frac{t2 - \zeta(\xi, \eta)}{t1 - \zeta(\xi, \eta)}\right)$$

$$u21(\xi, \eta) := \frac{-1}{t2 - \zeta(\xi, \eta)} + \frac{1}{t1 - \zeta(\xi, \eta)}$$

$$u22(\xi, \eta) := \frac{1}{(t2 - \zeta(\xi, \eta))^2} + \frac{-1}{(t1 - \zeta(\xi, \eta))^2}$$

$$u23(\xi, \eta) := \frac{-2}{(t2 - \zeta(\xi, \eta))^3} + \frac{2}{(t1 - \zeta(\xi, \eta))^3}$$

$$u24(\xi, \eta) := \frac{6}{(t2 - \zeta(\xi, \eta))^4} + \frac{-6}{(t1 - \zeta(\xi, \eta))^4}$$

$$u25(\xi, \eta) := \frac{-24}{(t2 - \zeta(\xi, \eta))^5} + \frac{24}{(t1 - \zeta(\xi, \eta))^5}$$

$$d2(\xi, \eta) := \omega p3(\xi, \eta) \cdot u2(\xi, \eta) + 2 \cdot \omega p2(\xi, \eta) \cdot u21(\xi, \eta) + \omega p1(\xi, \eta) \cdot u22(\xi, \eta)$$

$$d3(\xi, \eta) := \omega p4(\xi, \eta) \cdot u2(\xi, \eta) + 3 \cdot \omega p3(\xi, \eta) \cdot u21(\xi, \eta) + 3 \cdot \omega p2(\xi, \eta) \cdot u22(\xi, \eta) + \omega p1(\xi, \eta) \cdot u23(\xi, \eta)$$

$$d41(\xi, \eta) := \omega p5(\xi, \eta) \cdot u2(\xi, \eta) + 4 \cdot \omega p4(\xi, \eta) \cdot u21(\xi, \eta) + 6 \cdot \omega p3(\xi, \eta) \cdot u22(\xi, \eta)$$

$$d4(\xi, \eta) := d41(\xi, \eta) + 4 \cdot \omega p2(\xi, \eta) \cdot u23(\xi, \eta) + \omega p1(\xi, \eta) \cdot u24(\xi, \eta)$$

$$d51(\xi, \eta) := \omega p6(\xi, \eta) \cdot u2(\xi, \eta) + 5 \cdot \omega p5(\xi, \eta) \cdot u21(\xi, \eta) + 10 \cdot \omega p4(\xi, \eta) \cdot u22(\xi, \eta)$$

$$d5(\xi, \eta) := d51(\xi, \eta) + 10 \cdot \omega p3(\xi, \eta) \cdot u23(\xi, \eta) + 5 \cdot \omega p2(\xi, \eta) \cdot u24(\xi, \eta) + u25(\xi, \eta) \cdot \omega p1(\xi, \eta)$$

При действии тектонической силы интегралы в (3) определены в виде:

$$At(\xi, \eta) := T1 \cdot \omega p1(\xi, \eta) \quad Bt(\xi, \eta) := -T1 \cdot \omega p1(\xi, \eta) \tag{8}$$

Здесь обозначено: $T1 = Tx/2$;

$$\omega 0(\xi, \eta) := \frac{a1}{\zeta(\xi, \eta) - i} + \frac{b1}{\zeta(\xi, \eta) + t0 - i}$$

$$\omega p1(\xi, \eta) := -\frac{a1}{(\zeta(\xi, \eta) - i)^2} - \frac{b1}{(\zeta(\xi, \eta) + t0 - i)^2}$$

$$B(\xi, \eta) := Bt(\xi, \eta) + Bn(\xi, \eta)$$

$$A(\xi, \eta) := At(\xi, \eta) + An(\xi, \eta) \tag{9}$$

$$Bp1(\xi, \eta) := Bt1(\xi, \eta) + Bn1(\xi, \eta)$$

$$Bp2(\xi, \eta) := Bt2(\xi, \eta) + Bn2(\xi, \eta)$$

$$\begin{aligned} \text{Bp3}(\xi, \eta) &:= \text{Bt3}(\xi, \eta) + \text{Bn3}(\xi, \eta) & \text{Bp4}(\xi, \eta) &:= \text{Bt4}(\xi, \eta) + \text{Bn4}(\xi, \eta) \\ \text{Bp5}(\xi, \eta) &:= \text{Bt5}(\xi, \eta) + \text{Bn5}(\xi, \eta) \end{aligned}$$

Дальнейшая процедура расчета сохранена принятой в [1, 2] структуре и обозначениях в рамках нотации MATHCAD [3].

$$\text{SX}(\xi, \eta) := 4 \cdot \text{Re}(\Phi(\xi, \eta))$$

$$\Psi(\xi, \eta) := \frac{D3(\xi, \eta) + D\Psi3(\xi, \eta)}{\omega p1(\xi, \eta)} \quad \text{SXI}(\xi, \eta) := 2 \cdot \frac{(\overline{\omega(\xi, \eta)} \cdot \Phi p1(\xi, \eta) + \Psi(\xi, \eta) \cdot \omega p1(\xi, \eta))}{\omega p1(\xi, \eta)}$$

$$\text{pr}(\xi, \eta) := \frac{\text{SX}(\xi, \eta)}{2} + \text{SXI}(\xi, \eta) \quad \sigma_{1\eta}(\xi, \eta) := \text{Re}(\text{pr}(\xi, \eta)) \quad \tau_{1\xi\eta}(\xi, \eta) := \text{Im}(\text{pr}(\xi, \eta))$$

$$\sigma_{\xi}(\xi, \eta) := \frac{(\text{SX}(\xi, \eta) - \text{Re}(\text{SXI}(\xi, \eta)))}{2} + T_x \tau_{\xi\eta}(\xi, \eta) \quad \tau_{\xi\eta}(\xi, \eta) := \frac{\text{Im}(\text{SXI}(\xi, \eta))}{2} \quad \sigma_{\eta}(\xi, \eta) := \frac{\text{SX}(\xi, \eta) + \text{Re}(\text{SXI}(\xi, \eta))}{2}$$

$$\sigma_1(\xi, \eta) := \frac{\sigma_{\xi}(\xi, \eta) + \sigma_{\eta}(\xi, \eta)}{2} + \frac{\sqrt{(\sigma_{\eta}(\xi, \eta) - \sigma_{\xi}(\xi, \eta))^2 + 4 \cdot \tau_{\xi\eta}(\xi, \eta)^2}}{2}$$

$$\sigma_2(\xi, \eta) := \frac{\sigma_{\xi}(\xi, \eta) + \sigma_{\eta}(\xi, \eta)}{2} - \frac{\sqrt{(\sigma_{\eta}(\xi, \eta) - \sigma_{\xi}(\xi, \eta))^2 + 4 \cdot \tau_{\xi\eta}(\xi, \eta)^2}}{2}$$

$$\tau_{\max}(\xi, \eta) := \frac{\sqrt{(\sigma_{\eta}(\xi, \eta) - \sigma_{\xi}(\xi, \eta))^2 + 4 \cdot \tau_{\xi\eta}(\xi, \eta)^2}}{2}$$

Для убедительности, построенные аналитические соотношения для компонентов напряжений σ_{η} , $\tau_{\xi\eta}$, σ_1 , σ_2 вычислены для некоторых точек контура области. Учитывая, что выражения для логарифмов в соотношения A_n , B_n в окрестности точек $\xi = t_1$ и $\xi = t_2$ становятся неопределенными, расчеты проводились вблизи контура на расстоянии 10^{-10} т.е. не при $\eta = 0$ а $\eta = -10^{-10}$. Проверка граничных условий (5) и (6) выполнены каждые в отдельности, а суммарное поле напряжений (4) как для контурных точек, так и во всей области.

Условие (5) выполнено для $N = -10$ а условие (6) при $T_x = 40$. Суммарное поле напряжений выполнено для случаев $N = -60$ и $T_x = -40$. Для суммарного поля напряжений построены изолинии полей напряжений σ_x , σ_y , τ_{xy} , τ_{\max} .

Как видно из таблиц значений для напряжений σ_{η} , $\tau_{\xi\eta}$ для контурных точек, граничные условия (5) и (6), как каждые в отдельности, так и в суммарном случае выполняется с высокой точностью, не более 10^{-10} погрешностью.

$$\eta_0 := -0.00000000$$

$$\sigma_{\eta}(0.4, \eta_0) = -10 \quad \sigma_{\eta}(0.449, \eta_0) = -10 \quad \sigma_{\eta}(0.152, \eta_0) = -10$$

$$\sigma_{\eta}(0.451, \eta_0) = 8.99 \times 10^{-11} \quad \sigma_{\eta}(0.1, \eta_0) = 2.41 \times 10^{-10} \quad \sigma_{\eta}(0.8, \eta_0) = 1.746 \times 10^{-8}$$

$$\tau_{1\xi\eta}(0.4, \eta_0) = 6.536 \times 10^{-9} \quad \tau_{1\xi\eta}(0.1, \eta_0) = 1.253 \times 10^{-9} \quad \tau_{1\xi\eta}(0.8, \eta_0) = -1.815 \times 10^{-8}$$

$$\sigma_{\xi}(\xi, \eta) := \frac{\text{SX}(\xi, \eta) - \text{Re}(\text{SXI}(\xi, \eta))}{2} + T_1 \cdot \left(1 + \text{Re} \left(\frac{\omega p1(\xi, \eta)}{\omega p1(\xi, \eta)} \right) \right)$$

$$\sigma_{\eta}(\xi, \eta) := \frac{\text{SX}(\xi, \eta) + \text{Re}(\text{SXI}(\xi, \eta))}{2} + T_1 \cdot \left(1 - \text{Re} \left(\frac{\omega p1(\xi, \eta)}{\omega p1(\xi, \eta)} \right) \right)$$

$$\tau_{\xi\eta}(\xi, \eta) := \frac{\text{Im}(\text{SXI}(\xi, \eta))}{2} - T_1 \cdot \text{Im} \left(\frac{\omega p1(\xi, \eta)}{\omega p1(\xi, \eta)} \right) \quad \tau_{\max}(\xi, \eta) := \frac{\sqrt{(\sigma_{\eta}(\xi, \eta) - \sigma_{\xi}(\xi, \eta))^2 + 4 \cdot \tau_{\xi\eta}(\xi, \eta)^2}}{2}$$

$$\sigma_1(\xi, \eta) := \frac{\sigma_{\xi}(\xi, \eta) + \sigma_{\eta}(\xi, \eta)}{2} + \frac{\sqrt{(\sigma_{\eta}(\xi, \eta) - \sigma_{\xi}(\xi, \eta))^2 + 4 \cdot \tau_{\xi\eta}(\xi, \eta)^2}}{2}$$

$$\sigma_2(\xi, \eta) := \frac{\sigma_{\xi}(\xi, \eta) + \sigma_{\eta}(\xi, \eta)}{2} - \frac{\sqrt{(\sigma_{\eta}(\xi, \eta) - \sigma_{\xi}(\xi, \eta))^2 + 4 \cdot \tau_{\xi\eta}(\xi, \eta)^2}}{2}$$

$\xi =$	$\sigma\eta(\xi, \eta_0) =$	$\tau\xi\eta(\xi, \eta_0) =$	$\sigma_1(\xi, \eta_0) =$	$\sigma_2(\xi, \eta_0) =$
0.1	$2.41 \cdot 10^{-10}$	$6.265 \cdot 10^{-10}$	$2.41 \cdot 10^{-10}$	-0.182
0.125	$2.195 \cdot 10^{-10}$	$6.903 \cdot 10^{-10}$	$2.195 \cdot 10^{-10}$	-0.17
0.15	-5	-3.183	-1.894	-8.263
0.175	-10	$8.535 \cdot 10^{-10}$	-10	-10.142
0.2	-10	$9.585 \cdot 10^{-10}$	-10	-10.124
0.225	-10	$1.084 \cdot 10^{-9}$	-10	-10.102
0.25	-10	$1.235 \cdot 10^{-9}$	-10	-10.077
0.275	-10	$1.419 \cdot 10^{-9}$	-10	-10.047
0.3	-10	$1.644 \cdot 10^{-9}$	-10	-10.01
0.325	-10	$1.923 \cdot 10^{-9}$	-9.965	-10
0.35	-10	$2.271 \cdot 10^{-9}$	-9.909	-10
0.375	-10	$2.709 \cdot 10^{-9}$	-9.84	-10
0.4	-10	$3.268 \cdot 10^{-9}$	-9.752	-10
0.425	-10	$3.987 \cdot 10^{-9}$	-9.642	-7.943
0.45	-5	3.183	-1.557	

$\eta_0 := -0.000000000000000000$
 $\xi := -3, -2.8.. 3$

$\xi =$	$\sigma\eta(\xi, \eta_0) =$	$\tau\xi\eta(\xi, \eta_0) =$	$\sigma_2(\xi, \eta_0) =$	$\sigma_1(\xi, \eta_0) =$
-3	0		0	
-2.8	$-3.553 \cdot 10^{-15}$	$8.882 \cdot 10^{-15}$	$-7.105 \cdot 10^{-15}$	35.311
-2.6	$1.243 \cdot 10^{-14}$	$1.066 \cdot 10^{-14}$	$1.421 \cdot 10^{-14}$	33.118
-2.4	$8.882 \cdot 10^{-15}$	$-5.329 \cdot 10^{-15}$	$7.105 \cdot 10^{-15}$	28.879
-2.2	$7.105 \cdot 10^{-15}$	$3.553 \cdot 10^{-15}$	$7.105 \cdot 10^{-15}$	22.674
-2	0	$-1.776 \cdot 10^{-15}$	0	15.536
-1.8	$7.105 \cdot 10^{-15}$	$-1.155 \cdot 10^{-14}$	$7.105 \cdot 10^{-15}$	8.997
-1.6	$1.066 \cdot 10^{-14}$	0	$1.066 \cdot 10^{-14}$	4.104
-1.4	0	$-3.553 \cdot 10^{-15}$	-0.64	1.02
-1.2	$-3.553 \cdot 10^{-15}$	$1.332 \cdot 10^{-15}$	-1.372	0
-1	0	$-2.665 \cdot 10^{-15}$	-1.573	$-3.553 \cdot 10^{-15}$
-0.8	$3.553 \cdot 10^{-15}$	0	-1.51	0
-0.6	$3.553 \cdot 10^{-15}$	$-1.776 \cdot 10^{-15}$	-1.343	$3.553 \cdot 10^{-15}$
-0.4	$1.776 \cdot 10^{-15}$	$-1.776 \cdot 10^{-15}$	-1.166	$3.553 \cdot 10^{-15}$
-0.2	0	0	-1.027	$1.776 \cdot 10^{-15}$
$2.665 \cdot 10^{-15}$	0	$-1.776 \cdot 10^{-15}$	-0.954	0
...

$\eta_0 := -0.000000000000000000$
 $\xi := 0.1, 0.125.. 0.55$

$\sigma\eta(0.449, \eta_0) = -60 \quad \sigma\eta(0.4, \eta_0) = -60 \quad \sigma\eta(0.152, \eta_0) = -60$

$\sigma\eta(0.1, \eta_0) = 7.372 \times 10^{-14} \quad \sigma\eta(0.8, \eta_0) = -9.237 \times 10^{-14}$

$\sigma\eta(0.451, \eta_0) = 3.885 \times 10^{-12} \quad \tau\xi\eta(0.8, \eta_0) = 7.638 \times 10^{-14} \quad \tau\xi\eta(0.4, \eta_0) = -5.063 \times 10^{-14}$

$\xi =$

0.1
0.125
0.15
0.175
0.2
0.225
0.251
0.276
0.301
0.326
0.351
0.376
0.401
0.426
0.451
0.476
...

$\sigma\eta(\xi, \eta_0) =$

$7.372 \cdot 10^{-14}$
$-1.443 \cdot 10^{-13}$
-60
-60
-60
-60
-60
-60
-60
-60
-60
-60
-60
-60
-60
-60
$-1.272 \cdot 10^{-12}$
$5.24 \cdot 10^{-14}$
...

$\tau\xi\eta(\xi, \eta_0) =$

$-5.596 \cdot 10^{-14}$
$3.109 \cdot 10^{-14}$
$4.361 \cdot 10^{-12}$
$-3.819 \cdot 10^{-14}$
$3.109 \cdot 10^{-15}$
$6.661 \cdot 10^{-15}$
$-4.53 \cdot 10^{-14}$
$2.226 \cdot 10^{-14}$
$-4.219 \cdot 10^{-15}$
$3.308 \cdot 10^{-14}$
$-9.326 \cdot 10^{-15}$
$-2.709 \cdot 10^{-14}$
$1.243 \cdot 10^{-14}$
$-1.332 \cdot 10^{-14}$
$1.444 \cdot 10^{-12}$
...

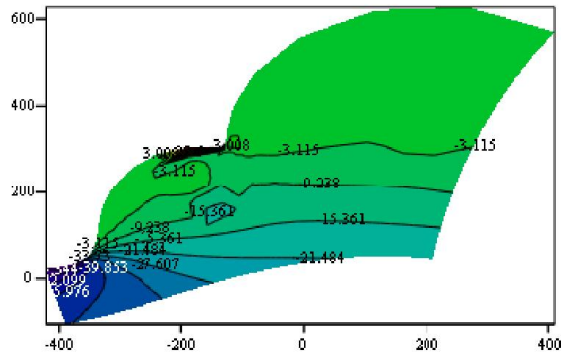
$\sigma_1(\xi, \eta_0) =$

0.818
0.901
-59
-58.882
-58.74
-58.569
-58.362
-58.109
-57.798
-57.414
-56.937
-56.339
-55.583
-54.619
6.62
...

$\sigma_2(\xi, \eta_0) =$

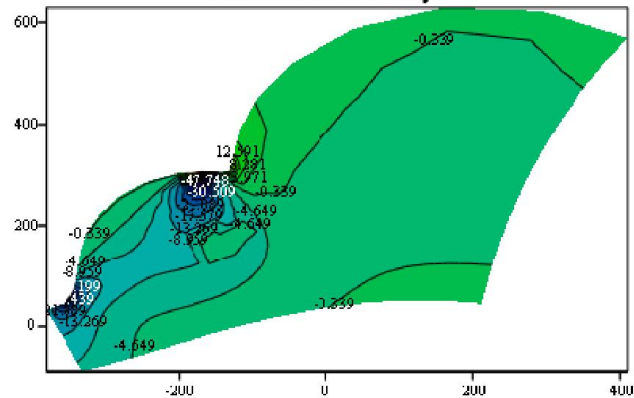
$7.372 \cdot 10^{-14}$
$-1.443 \cdot 10^{-13}$
-60
-60
-60
-60
-60
-60
-60
-60
-60
-60
-60
-60
-60
-60
$-1.272 \cdot 10^{-12}$
$5.329 \cdot 10^{-14}$
...

Изолинии сигма x

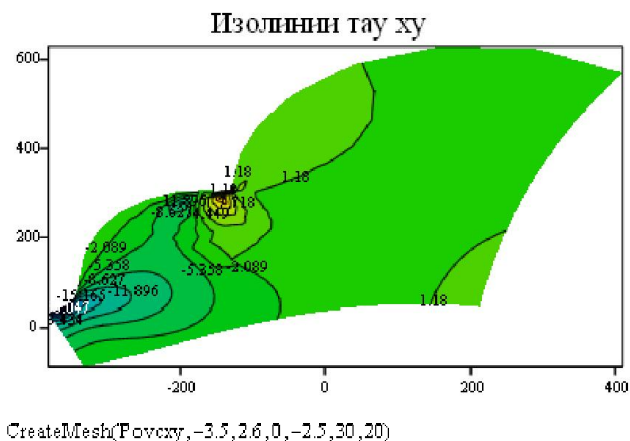


CreateMesh(Povox, -4.5, 2.6, 0, -2.5, 30, 20)

Изолинии сигма y



CreateMesh(Povoy, -3.5, 2.6, 0, -2.5, 30, 20)



Литература:

1. Баялиева Ж.А., Жумабаев Б. Методика расчета напряженно-деформированного состояния массивов у основании дорог, расположенных в горном склоне./Известия КГТУ им. Раззакова. № 14, 2008, Бишкек, стр.206-210.
2. Баялиева Ж.А., Жумабаев Б. Концентрация напряжений вблизи уступов, расположенных в склоне гор. / Исследование, результаты. Научный журнал Каз. Нац. Аграрн, Универс. №1(049),2011, Стр.206-210.-Алматы.
3. Кирьянов Д.В. Mathcad 14– Санк- Петербург.:БВХ – Петербург.-2007. 704с.

Рецензент: к.т.н., доцент Бекбоева Р.С.
