

ХАРАКТЕР РАСПРЕДЕЛЕНИЯ НАКОПЛЕННОЙ УПРУГОЙ ЭНЕРГИИ ДЕФОРМАЦИИ В ЗОНЕ УСТУПОВ СКЛОНА ГОРЫ

Баялиева Ж.А.

КНАУ им. К.И. Скрябина

Для определения вероятности зон разрушения массивов в сопряженных местах уступа и склона горы исследованы количественные и качественные показатели упругих накопленных энергий деформации массива. Рассмотрены два варианта действия нагрузок: сила гравитации и совместное действие гравитационной силы и тектонического горизонтального сжатия $T_x = -45$ МПа. Сохранена принятая в нашей работе [1] методика аналитического описания и алгоритм расчета в нотациях MATHCAD [3]. Текст программы приведена ниже с минимальными комментариями.

Исходные параметры для геометрических форм и линейных размеров склона горы с уступами приняты следующими значениями:

$$\begin{aligned} \nu &:= 0.4; \quad E := 5.4 \cdot 10^4 \text{ ГПа}; \quad \lambda := \frac{\nu}{1 - \nu}; \quad \lambda = 0.4; \quad T_x := 0 \\ \delta &:= \frac{\pi}{2}; \quad i := \sqrt{-1}; \quad K_c := 0; \quad A_2 := \gamma \cdot (1 - K_c \cdot \cos(\delta)) \\ A_3 &:= \gamma \cdot K_c \cdot \sin(\delta); \quad A_1 := \lambda \cdot A_2; \quad a := 14; \quad a_1 := 16; \quad b_1 := 34; \quad t_b := -2.2; \quad \zeta(\xi, \eta) := \xi + i \cdot \eta; \quad d_1 := 94; \quad t_d := -4.5 \\ \gamma &:= 2.5 \cdot 10^{-2} \end{aligned}$$

Отображающая функция представлена $\omega(\xi, \eta) := a \cdot \zeta(\xi, \eta) + \omega_0(\xi, \eta)$, где обозначено:

$$\omega_0(\xi, \eta) := \frac{a_1}{\zeta(\xi, \eta) - i} + \frac{b_1}{\zeta(\xi, \eta) + t_b - i} + \frac{d_1}{\zeta(\xi, \eta) + t_d - i}$$

$$\begin{aligned}
\omega_{0p1}(\xi, \eta) &:= -\frac{a1}{(\zeta(\xi, \eta) - i)^2} - \frac{b1}{(\zeta(\xi, \eta) + tb - i)^2} - \frac{d1}{(\zeta(\xi, \eta) + td - i)^2} \\
\omega p1(\xi, \eta) &:= \omega_{0p1}(\xi, \eta) + a \\
\omega_{0p2}(\xi, \eta) &:= \frac{2 \cdot a1}{(\zeta(\xi, \eta) - i)^3} + \frac{2 \cdot b1}{(\zeta(\xi, \eta) + tb - i)^3} + \frac{2 \cdot d1}{(\zeta(\xi, \eta) + td - i)^3} \\
\omega p2(\xi, \eta) &:= \omega_{0p2}(\xi, \eta) \\
\omega_{0p3}(\xi, \eta) &:= \frac{-6 \cdot a1}{(\zeta(\xi, \eta) - i)^4} + \frac{-6 \cdot b1}{(\zeta(\xi, \eta) + tb - i)^4} - \frac{6 \cdot d1}{(\zeta(\xi, \eta) + td - i)^4} \quad \omega p4(\xi, \eta) := \omega_{0p4}(\xi, \eta) \\
\omega_{0p4}(\xi, \eta) &:= \frac{24 a1}{(\zeta(\xi, \eta) - i)^5} + \frac{24 b1}{(\zeta(\xi, \eta) + tb - i)^5} + \frac{24 d1}{(\zeta(\xi, \eta) + td - i)^5} \\
\omega p3(\xi, \eta) &:= \omega_{0p3}(\xi, \eta) \\
\omega_{0p5}(\xi, \eta) &:= \frac{-120 a1}{(\zeta(\xi, \eta) - i)^6} + \frac{-120 b1}{(\zeta(\xi, \eta) + tb - i)^6} - \frac{120 d1}{(\zeta(\xi, \eta) + td - i)^6} \\
\omega p5(\xi, \eta) &:= \omega_{0p5}(\xi, \eta) \\
\omega_{0p6}(\xi, \eta) &:= \frac{720 a1}{(\zeta(\xi, \eta) - i)^7} + \frac{6 \cdot 120 b1}{(\zeta(\xi, \eta) + tb - i)^7} + \frac{720 d1}{(\zeta(\xi, \eta) + td - i)^7} \quad x(\xi) := \operatorname{Re}(\omega(\xi, 0)) \\
\Omega_0 &:= \omega(0, -1) \quad \Omega_1 := \omega_{0p1}(0, -1) \quad \Omega_2 := \omega_{0p2}(0, -1) \quad y(\xi) := \operatorname{Im}(\omega(\xi, 0)) \\
\Omega_3 &:= \omega_{0p3}(0, -1) \quad \Omega_4 := \omega_{0p4}(0, -1) \quad \Omega_5 := \omega_{0p5}(0, -1) \quad \Omega_{td} := \omega(-td, -1) \\
\Omega_{ptb} &:= \omega_{0p1}(-tb, -1) \quad \Omega_{tb} := \omega(0, -1) \quad \Omega_{ptd} := \omega_{0p1}(-td, -1)
\end{aligned}$$

Выражения для граничных условий для определения функций Мусхелишвили имеют вид:

$$\begin{aligned}
T_3 &:= i \cdot \frac{(A1 + A2)}{4} \quad T_4 := -i \cdot \frac{(A1 - A2 + i \cdot 2 \cdot A3)}{4} \quad T_2 := a \cdot \frac{(A3 + i \cdot A2)}{2} \quad T_1 := \frac{T_x}{2} \quad T_6 := -i \cdot \frac{(A1 - A2 - i \cdot 2 \cdot A3)}{4} \\
T_5 &:= a \cdot \frac{(-A3 + i \cdot A2)}{2} \quad C1 := a1 \cdot \overline{\Omega_1} \quad S1 := -a1 \cdot \overline{\Omega_1} \quad S3 := -b1 \cdot \overline{\Omega_{ptb}} \quad C2 := \overline{\Omega_{ptb}} \cdot b1 \quad S2 := -a1 \cdot \overline{\Omega_1} \quad S4 := -b1 \cdot \overline{\Omega_{tb}} \\
C3 &:= \overline{\Omega_{ptd}} \cdot d1 \quad S5 := -d1 \cdot \overline{\Omega_{ptd}} \quad S6 := -d1 \cdot \overline{\Omega_{td}} \quad C(\xi, \eta) := \frac{C1}{\zeta(\xi, \eta) - i} + \frac{C2}{\zeta(\xi, \eta) + tb - i} + \frac{C3}{\zeta(\xi, \eta) + td - i} \\
Cp1(\xi, \eta) &:= \frac{-C1}{(\zeta(\xi, \eta) - i)^2} + \frac{-C2}{(\zeta(\xi, \eta) + tb - i)^2} + \frac{-C3}{(\zeta(\xi, \eta) + td - i)^2} \\
Cp2(\xi, \eta) &:= \frac{2 \cdot C1}{(\zeta(\xi, \eta) - i)^3} + \frac{2 \cdot C2}{(\zeta(\xi, \eta) + tb - i)^3} + \frac{2 \cdot C3}{(\zeta(\xi, \eta) + td - i)^3}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Cp3}(\xi, \eta) &:= \frac{-6 \cdot \text{C1}}{(\zeta(\xi, \eta) - i)^4} + \frac{-6 \cdot \text{C2}}{(\zeta(\xi, \eta) + \text{tb} - i)^4} + \frac{-6 \cdot \text{C3}}{(\zeta(\xi, \eta) + \text{td} - i)^4} \\
\text{Cp4}(\xi, \eta) &:= \frac{24 \text{C1}}{(\zeta(\xi, \eta) - i)^5} + \frac{24 \text{C2}}{(\zeta(\xi, \eta) + \text{tb} - i)^5} + \frac{24 \text{C3}}{(\zeta(\xi, \eta) + \text{td} - i)^5} \\
\text{S}(\xi, \eta) &:= \frac{\text{S1}}{\zeta(\xi, \eta) - i} + \frac{\text{S2}}{(\zeta(\xi, \eta) - i)^2} \\
\text{Cp5}(\xi, \eta) &:= \frac{-120 \cdot \text{C1}}{(\zeta(\xi, \eta) - i)^6} + \frac{-120 \cdot \text{C2}}{(\zeta(\xi, \eta) + \text{tb} - i)^6} + \frac{-120 \cdot \text{C3}}{(\zeta(\xi, \eta) + \text{td} - i)^6} \\
\text{Sp1}(\xi, \eta) &:= \frac{-\text{S1}}{(\zeta(\xi, \eta) - i)^2} + \frac{-2 \cdot \text{S2}}{(\zeta(\xi, \eta) - i)^3} \\
\text{Sp2}(\xi, \eta) &:= \frac{2 \cdot \text{S1}}{(\zeta(\xi, \eta) - i)^3} + \frac{6 \cdot \text{S2}}{(\zeta(\xi, \eta) - i)^4} \quad \text{Sp3}(\xi, \eta) := \frac{-6 \cdot \text{S1}}{(\zeta(\xi, \eta) - i)^4} + \frac{-24 \cdot \text{S2}}{(\zeta(\xi, \eta) - i)^5} \\
\text{Sp4}(\xi, \eta) &:= \frac{24 \cdot \text{S1}}{(\zeta(\xi, \eta) - i)^5} + \frac{120 \cdot \text{S2}}{(\zeta(\xi, \eta) - i)^6} \quad \text{Sp5}(\xi, \eta) := \frac{-120 \cdot \text{S1}}{(\zeta(\xi, \eta) - i)^6} + \frac{-720 \cdot \text{S2}}{(\zeta(\xi, \eta) - i)^7} \\
\delta \text{S}(\xi, \eta) &:= \frac{\text{S3}}{\zeta(\xi, \eta) + \text{tb} - i} + \frac{\text{S4}}{(\zeta(\xi, \eta) + \text{tb} - i)^2} \quad \text{At}(\xi, \eta) := \text{T1} \cdot \omega \text{p1}(\xi, \eta) \\
\text{Bt}(\xi, \eta) &:= -\text{T1} \cdot \omega \text{p1}(\xi, \eta) \\
\delta \text{Sp1}(\xi, \eta) &:= \frac{-\text{S3}}{(\zeta(\xi, \eta) + \text{tb} - i)^2} + \frac{-2 \cdot \text{S4}}{(\zeta(\xi, \eta) + \text{tb} - i)^3} \quad \text{Bt1}(\xi, \eta) := -\text{T1} \cdot \omega \text{p2}(\xi, \eta) \\
\text{Bt2}(\xi, \eta) &:= -\text{T1} \cdot \omega \text{p3}(\xi, \eta) \\
\delta \text{Sp2}(\xi, \eta) &:= \frac{2 \cdot \text{S3}}{(\zeta(\xi, \eta) + \text{tb} - i)^3} + \frac{6 \cdot \text{S4}}{(\zeta(\xi, \eta) + \text{tb} - i)^4} \\
\delta \text{Sp3}(\xi, \eta) &:= \frac{-6 \cdot \text{S3}}{(\zeta(\xi, \eta) + \text{tb} - i)^4} + \frac{-24 \cdot \text{S4}}{(\zeta(\xi, \eta) + \text{tb} - i)^5} \\
\text{Bt3}(\xi, \eta) &:= -\text{T1} \cdot \omega \text{p4}(\xi, \eta) \quad \text{Bt4}(\xi, \eta) := -\text{T1} \cdot \omega \text{p5}(\xi, \eta) \quad \text{Bt5}(\xi, \eta) := -\text{T1} \cdot \omega \text{p6}(\xi, \eta) \\
\delta \text{Sp4}(\xi, \eta) &:= \frac{24 \cdot \text{S3}}{(\zeta(\xi, \eta) + \text{tb} - i)^5} + \frac{120 \cdot \text{S4}}{(\zeta(\xi, \eta) + \text{tb} - i)^6} \\
\delta \text{Sp5}(\xi, \eta) &:= \frac{-120 \cdot \text{S3}}{(\zeta(\xi, \eta) + \text{tb} - i)^6} + \frac{-720 \cdot \text{S4}}{(\zeta(\xi, \eta) + \text{tb} - i)^7} \\
\delta \text{dS}(\xi, \eta) &:= \frac{\text{S5}}{\zeta(\xi, \eta) + \text{td} - i} + \frac{\text{S6}}{(\zeta(\xi, \eta) + \text{td} - i)^2} \quad \delta \text{dSp1}(\xi, \eta) := \frac{-\text{S5}}{(\zeta(\xi, \eta) + \text{td} - i)^2} + \frac{-2 \cdot \text{S6}}{(\zeta(\xi, \eta) + \text{td} - i)^3}
\end{aligned}$$

$$\delta dSp2(\xi, \eta) := \frac{2 \cdot S5}{(\zeta(\xi, \eta) + td - i)^3} + \frac{6 \cdot S6}{(\zeta(\xi, \eta) + td - i)^4}$$

$$\delta dSp3(\xi, \eta) := \frac{-6 \cdot S5}{(\zeta(\xi, \eta) + td - i)^4} + \frac{-24 \cdot S6}{(\zeta(\xi, \eta) + td - i)^5}$$

$$\delta dSp4(\xi, \eta) := \frac{24 \cdot S5}{(\zeta(\xi, \eta) + td - i)^5} + \frac{120 \cdot S6}{(\zeta(\xi, \eta) + td - i)^6}$$

$$\delta dSp5(\xi, \eta) := \frac{-120 \cdot S5}{(\zeta(\xi, \eta) + td - i)^6} + \frac{-720 \cdot S6}{(\zeta(\xi, \eta) + td - i)^7}$$

$$A(\xi, \eta) := \omega 0(\xi, \eta) \cdot (T5 + T6 \omega 0p1(\xi, \eta)) + T3 C(\xi, \eta) - T6(S(\xi, \eta) + \delta S(\xi, \eta) + \delta dS(\xi, \eta)) + At(\xi, \eta)$$

$$B(\xi, \eta) := T3 \omega 0(\xi, \eta) \cdot \omega 0p1(\xi, \eta) + T2 \omega 0(\xi, \eta) + T4 C(\xi, \eta) - T3(S(\xi, \eta) + \delta S(\xi, \eta) + \delta dS(\xi, \eta)) + Bt(\xi, \eta)$$

$$Bd1(\xi, \eta) := T2 \omega 0p1(\xi, \eta) + T4 Cp1(\xi, \eta) - T3(Sp1(\xi, \eta) + \delta Sp1(\xi, \eta) + \delta dSp1(\xi, \eta))$$

$$Bp1(\xi, \eta) := T3(\omega 0(\xi, \eta) \cdot \omega 0p2(\xi, \eta) + \omega 0p1(\xi, \eta) \cdot \omega 0p1(\xi, \eta)) + Bd1(\xi, \eta) + Bt1(\xi, \eta)$$

$$Bd2(\xi, \eta) := T2 \omega 0p2(\xi, \eta) + T4 Cp2(\xi, \eta) - T3(Sp2(\xi, \eta) + \delta Sp2(\xi, \eta) + \delta dSp2(\xi, \eta))$$

$$Bp2(\xi, \eta) := T3(\omega 0(\xi, \eta) \cdot \omega 0p3(\xi, \eta) + 3 \cdot \omega 0p1(\xi, \eta) \cdot \omega 0p2(\xi, \eta)) + Bd2(\xi, \eta) + Bt2(\xi, \eta)$$

$$Bd3(\xi, \eta) := T2 \omega 0p3(\xi, \eta) + T4 Cp3(\xi, \eta) \dots \\ + -T3(Sp3(\xi, \eta) + \delta Sp3(\xi, \eta) + \delta dSp3(\xi, \eta) - \omega 0(\xi, \eta) \cdot \omega 0p4(\xi, \eta))$$

$$Bp3(\xi, \eta) := T3(4 \cdot \omega 0p1(\xi, \eta) \cdot \omega 0p3(\xi, \eta) + 3 \cdot \omega 0p2(\xi, \eta) \cdot \omega 0p2(\xi, \eta)) + Bd3(\xi, \eta) + Bt3(\xi, \eta)$$

$$Bd4(\xi, \eta) := T3(5 \cdot \omega 0p1(\xi, \eta) \cdot \omega 0p4(\xi, \eta) + 10 \cdot \omega 0p2(\xi, \eta) \cdot \omega 0p3(\xi, \eta) + \omega 0(\xi, \eta) \cdot \omega 0p5(\xi, \eta))$$

$$Bp4(\xi, \eta) := Bd4(\xi, \eta) + T2 \omega 0p4(\xi, \eta) + T4 Cp4(\xi, \eta) - T3(Sp4(\xi, \eta) + \delta Sp4(\xi, \eta) + \delta dSp4(\xi, \eta)) + Bt4(\xi, \eta)$$

$$Bd5(\xi, \eta) := T3(5 \cdot \omega 0p1(\xi, \eta) \cdot \omega 0p4(\xi, \eta) + 10 \cdot \omega 0p2(\xi, \eta) \cdot \omega 0p3(\xi, \eta) + \omega 0(\xi, \eta) \cdot \omega 0p5(\xi, \eta))$$

$$Bp5(\xi, \eta) := Bd5(\xi, \eta) + T2 \omega 0p5(\xi, \eta) + T4 Cp5(\xi, \eta) - [T3(Sp5(\xi, \eta) + \delta Sp5(\xi, \eta) + \delta dSp5(\xi, \eta))] + Bt5(\xi, \eta)$$

$$M0_0 := B(0, -1) \quad M0_1 := B(-tb, -1) \quad M0_2 := B(-td, -1) \quad M0_3 := \overline{B(0, -1)} \quad M0_4 := \overline{B(-tb, -1)} \quad M0_5 := \overline{B(-td, -1)}$$

$$n1(\xi, \eta) := \frac{-a1}{((\zeta(\xi, \eta) - i))^2} \quad n1p1(\xi, \eta) := \frac{2 \cdot a1}{(\zeta(\xi, \eta) - i)^3} \quad n1p3(\xi, \eta) := \frac{24 \cdot a1}{(\zeta(\xi, \eta) - i)^5} \quad n1p2(\xi, \eta) := \frac{-6 \cdot a1}{(\zeta(\xi, \eta) - i)^4}$$

$$nb(\xi, \eta) := \frac{-b1}{(\zeta(\xi, \eta) + tb - i)^2} \quad n1p4(\xi, \eta) := \frac{-120 \cdot a1}{(\zeta(\xi, \eta) - i)^6} \quad nbp1(\xi, \eta) := \frac{2 \cdot b1}{(\zeta(\xi, \eta) + tb - i)^3}$$

$$nbp2(\xi, \eta) := \frac{-6 \cdot b1}{(\zeta(\xi, \eta) + tb - i)^4} \quad nbp3(\xi, \eta) := \frac{24 \cdot b1}{(\zeta(\xi, \eta) + tb - i)^5} \quad nbp4(\xi, \eta) := \frac{-120 \cdot b1}{(\zeta(\xi, \eta) + tb - i)^6}$$

$$nd(\xi, \eta) := \frac{-d1}{(\zeta(\xi, \eta) + td - i)^2} \quad ndp2(\xi, \eta) := \frac{-6 \cdot d1}{(\zeta(\xi, \eta) + td - i)^4} \quad ndp1(\xi, \eta) := \frac{2 \cdot d1}{(\zeta(\xi, \eta) + td - i)^3}$$

$$ndp4(\xi, \eta) := \frac{-120 \cdot d1}{(\zeta(\xi, \eta) + td - i)^6} \quad ndp3(\xi, \eta) := \frac{24 \cdot d1}{(\zeta(\xi, \eta) + td - i)^5}$$

Значения полюсов функции $\Phi(\zeta)$ определяются как решения системы шести линейных алгебраических уравнений:

$$\begin{aligned}
M_{0,1} &:= 0 \quad M_{0,2} := 0 \quad M_{0,3} := n1(0, -1) \quad M_{0,4} := nb(0, -1) \quad M_{0,0} := op1(0, -1) \quad M_{0,5} := nd(0, -1) \\
M_{1,0} &:= 0 \quad M_{1,1} := op1(-tb, -1) \quad M_{1,2} := 0 \quad M_{1,3} := n1(-tb, -1) \quad M_{1,4} := nb(-tb, -1) \quad M_{1,5} := nd(-tb, -1) \\
M_{2,0} &:= 0 \quad M_{2,1} := 0 \quad M_{2,2} := op1(-td, -1) \quad M_{2,3} := n1(-td, -1) \quad M_{2,4} := nb(-td, -1) \quad M_{2,5} := nd(-td, -1) \\
M_{3,0} &:= \overline{M_{0,3}} \quad M_{3,1} := \overline{M_{0,4}} \quad M_{3,2} := \overline{M_{0,5}} \quad M_{3,3} := \overline{M_{0,0}} \quad M_{3,5} := \overline{M_{0,2}} \quad M_{3,4} := \overline{M_{0,1}} \quad M_{4,0} := \overline{M_{1,3}} \\
M_{4,1} &:= \overline{M_{1,4}} \quad M_{4,2} := \overline{M_{1,5}} \quad M_{4,3} := \overline{M_{1,0}} \quad M_{4,4} := \overline{M_{1,1}} \quad M_{4,5} := \overline{M_{1,2}} \quad M_{5,0} := \overline{M_{2,3}} \quad M_{5,1} := \overline{M_{2,4}} \\
M_{5,2} &:= \overline{M_{2,5}} \quad M_{5,3} := \overline{M_{2,0}} \quad M_{5,4} := \overline{M_{2,1}} \quad M_{5,5} := \overline{M_{2,2}} \quad \Lambda := M^{-1} \cdot MC \Phi(0, -1) = -114 - 92.4i \\
\Phi 0 &:= \Lambda_{0,0} \quad \Phi 0tb := \Lambda_{1,0} \quad \Phi 0td := \Lambda_{2,0} \quad K1 := \overline{a1} \cdot \Phi 0 \quad \Phi 0c := \overline{\Phi 0} \quad K2 := \overline{b1} \cdot \Phi 0tb \quad K3 := \overline{d1} \cdot \Phi 0td
\end{aligned}$$

$$G(\xi, \eta) := n1(\xi, \eta) \cdot \overline{\Phi 0} + nb(\xi, \eta) \cdot \overline{\Phi 0tb} + nd(\xi, \eta) \cdot \overline{\Phi 0td}$$

$$Gp1(\xi, \eta) := n1p1(\xi, \eta) \cdot \overline{\Phi 0} + nbp1(\xi, \eta) \cdot \overline{\Phi 0tb} + ndp1(\xi, \eta) \cdot \overline{\Phi 0td}$$

$$Gp2(\xi, \eta) := n1p2(\xi, \eta) \cdot \overline{\Phi 0} + nbp2(\xi, \eta) \cdot \overline{\Phi 0tb} + ndp2(\xi, \eta) \cdot \overline{\Phi 0td}$$

$$Gp3(\xi, \eta) := n1p3(\xi, \eta) \cdot \overline{\Phi 0} + nbp3(\xi, \eta) \cdot \overline{\Phi 0tb} + ndp3(\xi, \eta) \cdot \overline{\Phi 0td}$$

$$Gp4(\xi, \eta) := n1p4(\xi, \eta) \cdot \overline{\Phi 0} + nbp4(\xi, \eta) \cdot \overline{\Phi 0tb} + ndp4(\xi, \eta) \cdot \overline{\Phi 0td}$$

$$G1(\xi, \eta) := \frac{-\overline{K1}}{(\zeta(\xi, \eta) - i)^2} + \frac{-\overline{K2}}{(\zeta(\xi, \eta) + tb - i)^2} + \frac{-\overline{K3}}{(\zeta(\xi, \eta) + td - i)^2}$$

$$G1p1(\xi, \eta) := \frac{2 \cdot \overline{K1}}{(\zeta(\xi, \eta) - i)^3} + \frac{2 \cdot \overline{K2}}{(\zeta(\xi, \eta) + tb - i)^3} + \frac{2 \cdot \overline{K3}}{(\zeta(\xi, \eta) + td - i)^3}$$

$$G1p2(\xi, \eta) := \frac{-6 \cdot \overline{K1}}{(\zeta(\xi, \eta) - i)^4} + \frac{-6 \cdot \overline{K2}}{(\zeta(\xi, \eta) + tb - i)^4} + \frac{-6 \cdot \overline{K3}}{(\zeta(\xi, \eta) + td - i)^4}$$

$$G1p3(\xi, \eta) := \frac{24 \cdot \overline{K1}}{(\zeta(\xi, \eta) - i)^5} + \frac{24 \cdot \overline{K2}}{(\zeta(\xi, \eta) + tb - i)^5} + \frac{24 \cdot \overline{K3}}{(\zeta(\xi, \eta) + td - i)^5}$$

$$G1p4(\xi, \eta) := \frac{-120 \cdot \overline{K1}}{(\zeta(\xi, \eta) - i)^6} + \frac{-120 \cdot \overline{K2}}{(\zeta(\xi, \eta) + tb - i)^6} + \frac{-120 \cdot \overline{K3}}{(\zeta(\xi, \eta) + td - i)^6}$$

$$G1p5(\xi, \eta) := \frac{720 \cdot \overline{K1}}{(\zeta(\xi, \eta) - i)^7} + \frac{720 \cdot \overline{K2}}{(\zeta(\xi, \eta) + tb - i)^7} + \frac{720 \cdot \overline{K3}}{(\zeta(\xi, \eta) + td - i)^7}$$

$$\Phi(\xi, \eta) := \frac{(B(\xi, \eta) - G(\xi, \eta))}{\omega p1(\xi, \eta)} \quad \Phi p1(\xi, \eta) := \frac{Bp1(\xi, \eta) - Gp1(\xi, \eta) - \Phi(\xi, \eta) \cdot \omega 0p2(\xi, \eta)}{\omega p1(\xi, \eta)}$$

$$\Phi p2(\xi, \eta) := \frac{Bp2(\xi, \eta) - Gp2(\xi, \eta) - \Phi(\xi, \eta) \cdot \omega 0p3(\xi, \eta) - 2 \cdot \Phi p1(\xi, \eta) \cdot \omega 0p2(\xi, \eta)}{\omega p1(\xi, \eta)}$$

$$D1(\xi, \eta) := Bp3(\xi, \eta) - Gp3(\xi, \eta) - 3 \cdot \Phi p2(\xi, \eta) \cdot \omega 0p2(\xi, \eta)$$

$$D2(\xi, \eta) := D1(\xi, \eta) - 3 \cdot \Phi p1(\xi, \eta) \cdot \omega 0p3(\xi, \eta) - \Phi(\xi, \eta) \cdot \omega 0p4(\xi, \eta)$$

$$\Phi p3(\xi, \eta) := \frac{D2(\xi, \eta)}{\omega p1(\xi, \eta)} \quad \Phi(0, -1) = -114 - 92.4i \quad \Phi(-tb, -1) = -150 - 67.8i \quad \Phi(-td, -1) = -176.5 - 19.4i$$

$$\omega 0c(\xi, \eta) := \frac{\overline{a1}}{\zeta(\xi, \eta) + i} + \frac{\overline{b1}}{\zeta(\xi, \eta) + tb + i} + \frac{\overline{d1}}{\zeta(\xi, \eta) + td + i}$$

$$\omega 02c(\xi, \eta) := \frac{\overline{a1}}{\zeta(\xi, \eta) + i} + \frac{\overline{d1}}{\zeta(\xi, \eta) + td + i}$$

$$\omega 0cp1(\xi, \eta) := \frac{\overline{-a1}}{(\zeta(\xi, \eta) + i)^2} + \frac{\overline{-b1}}{(\zeta(\xi, \eta) + tb + i)^2} + \frac{\overline{-d1}}{(\zeta(\xi, \eta) + td + i)^2}$$

$$\omega 02cp1(\xi, \eta) := \frac{\overline{-a1}}{(\zeta(\xi, \eta) + i)^2} + \frac{\overline{-d1}}{(\zeta(\xi, \eta) + td + i)^2} \quad \omega 01c(\xi, \eta) := \frac{\overline{b1}}{\zeta(\xi, \eta) + tb + i} + \frac{\overline{d1}}{\zeta(\xi, \eta) + td + i}$$

$$\omega 01cp1(\xi, \eta) := \frac{\overline{-b1}}{(\zeta(\xi, \eta) + tb + i)^2} + \frac{\overline{-d1}}{(\zeta(\xi, \eta) + td + i)^2} \quad \omega 03c(\xi, \eta) := \frac{\overline{a1}}{\zeta(\xi, \eta) + tb + i} + \frac{\overline{b1}}{\zeta(\xi, \eta) + tb + i}$$

$$\omega 03cp1(\xi, \eta) := \frac{\overline{-a1}}{(\zeta(\xi, \eta) + i)^2} + \frac{\overline{-b1}}{(\zeta(\xi, \eta) + tb + i)^2} \quad \text{coefa2} := \frac{\overline{a1} \cdot \Phi p3(0, -1)}{3} \quad \text{coefb2} := \frac{\overline{b1} \cdot \Phi p3(-tb, -1)}{3}$$

$$Gc(\xi, \eta) := \frac{\overline{-K1}}{(\zeta(\xi, \eta) + i)^2} + \frac{\overline{-K2}}{(\zeta(\xi, \eta) + tb + i)^2} + \frac{\overline{-K3}}{(\zeta(\xi, \eta) + td + i)^2} \quad \text{coefb1} := \frac{\overline{b1} \cdot \Phi p2(-tb, -1)}{2}$$

$$\text{coefd2} := \frac{\overline{d1} \cdot \Phi p3(-td, -1)}{3} \quad \text{coefd1} := \frac{\overline{d1} \cdot \Phi p2(-td, -1)}{2}$$

$$Gc1(\xi, \eta) := \frac{\overline{-K2}}{(\zeta(\xi, \eta) + tb + i)^2} + \frac{\overline{-K3}}{(\zeta(\xi, \eta) + td + i)^2} - \text{coefa1} - \text{coefa2} \cdot (\zeta(\xi, \eta) + i)$$

$$Gc2(\xi, \eta) := \frac{\overline{-K1}}{(\zeta(\xi, \eta) + i)^2} + \frac{\overline{-K3}}{(\zeta(\xi, \eta) + td + i)^2} - \text{coefb1} - \text{coefb2} \cdot (\zeta(\xi, \eta) + tb + i)$$

$$Gc3(\xi, \eta) := \frac{\overline{-K1}}{(\zeta(\xi, \eta) + i)^2} + \frac{\overline{-K2}}{(\zeta(\xi, \eta) + tb + i)^2} - \text{coefd1} - \text{coefd2} \cdot (\zeta(\xi, \eta) + td + i)$$

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

$$D4(\xi, \eta) := -\omega 0cp1(\xi, \eta) \cdot \Phi(\xi, \eta) - \omega 0c(\xi, \eta) \cdot \Phi p1(\xi, \eta) + Gc(\xi, \eta)$$

$$D\Psi_3(\xi, \eta) := \begin{cases} D\Psi_3 \leftarrow -\omega_{01}c_{p1}(\xi, \eta) \cdot \Phi(\xi, \eta) - \omega_{01}c(\xi, \eta) \cdot \Phi_{p1}(\xi, \eta) + Gc1(\xi, \eta) & \text{if } |\zeta(\xi, \eta) + i| \leq 0.3 \\ D\Psi_3 \leftarrow -\omega_{02}c_{p1}(\xi, \eta) \cdot \Phi(\xi, \eta) - \omega_{02}c(\xi, \eta) \cdot \Phi_{p1}(\xi, \eta) + Gc2(\xi, \eta) & \text{if } |\zeta(\xi, \eta) + tb + i| \leq 0.3 \\ D\Psi_3 \leftarrow -\omega_{03}c_{p1}(\xi, \eta) \cdot \Phi(\xi, \eta) - \omega_{03}c(\xi, \eta) \cdot \Phi_{p1}(\xi, \eta) + Gc3(\xi, \eta) & \text{if } |\zeta(\xi, \eta) + td + i| \leq 0.3 \\ D\Psi_3 \leftarrow D4(\xi, \eta) & \text{if } [|\zeta(\xi, \eta) + i| > 0.3 \wedge (|\zeta(\xi, \eta) + tb + i| \wedge |\zeta(\xi, \eta) + td + i|) > 0.3] \\ D\Psi_3 \end{cases}$$

$$Y(\xi, \eta) := \text{Im}(\omega(\xi, \eta)) \quad X(\xi, \eta) := \text{Re}(\omega(\xi, \eta)) \quad \Psi(\xi, \eta) := \frac{D3(\xi, \eta) + D\Psi_3(\xi, \eta)}{\omega_{p1}(\xi, \eta)}$$

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

$$SXI(\xi, \eta) := 2 \cdot \left(\overline{\omega(\xi, \eta)} \cdot \frac{\Phi_{p1}(\xi, \eta)}{\omega_{p1}(\xi, \eta)} + \Psi(\xi, \eta) \right) \quad \tau_{xy}(\xi, \eta) := \frac{\text{Im}(SXI(\xi, \eta))}{2} + A3 \cdot Y(\xi, \eta)$$

$$\sigma_x(\xi, \eta) := \frac{(SX(\xi, \eta) - \text{Re}(SXI(\xi, \eta)))}{2} + A1 \cdot Y(\xi, \eta) + T;$$

$$\sigma_y(\xi, \eta) := \frac{SX(\xi, \eta) + \text{Re}(SXI(\xi, \eta))}{2} + A2 \cdot Y(\xi, \eta)$$

$$\sigma_{\eta}(\xi, \eta) := \frac{\sigma_x(\xi, \eta) + \sigma_y(\xi, \eta)}{2} - \frac{\sigma_x(\xi, \eta) - \sigma_y(\xi, \eta)}{2} \cdot \text{Re}\left(\frac{\omega_{p1}(\xi, \eta)}{\omega_{p1}(\xi, \eta)}\right) - \tau_{xy}(\xi, \eta) \cdot \text{Im}\left(\frac{\omega_{p1}(\xi, \eta)}{\omega_{p1}(\xi, \eta)}\right)$$

$$\tau_{\xi\eta}(\xi, \eta) := -\frac{\sigma_x(\xi, \eta) - \sigma_y(\xi, \eta)}{2} \cdot \text{Im}\left(\frac{\omega_{p1}(\xi, \eta)}{\omega_{p1}(\xi, \eta)}\right) + \tau_{xy}(\xi, \eta) \cdot \text{Re}\left(\frac{\omega_{p1}(\xi, \eta)}{\omega_{p1}(\xi, \eta)}\right)$$

$$\sigma_{\xi}(\xi, \eta) := \frac{\sigma_x(\xi, \eta) + \sigma_y(\xi, \eta)}{2} + \frac{\sigma_x(\xi, \eta) - \sigma_y(\xi, \eta)}{2} \cdot \text{Re}\left(\frac{\omega_{p1}(\xi, \eta)}{\omega_{p1}(\xi, \eta)}\right) - \tau_{xy}(\xi, \eta) \cdot \text{Im}\left(\frac{\omega_{p1}(\xi, \eta)}{\omega_{p1}(\xi, \eta)}\right)$$

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

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

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

Для достоверности созданной аналитической модели выполнен расчет компонентов напряжений в контурных точках склона горы с уступами, т.е. при значении аргумента

$$\begin{aligned} \text{Cont}_{0,3} &:= "cig 1" \quad \text{Cont}_{0,1} := "x" \quad \text{Cont}_{0,0} := "t" \quad \text{Cont}_{0,7} := "Tmax" \quad \text{Cont}_{0,4} := "L=0" \quad \text{Cont}_{0,5} := "N" \\ \text{Cont}_{k,3} &:= \sigma_1(k-6, 0) \quad \text{Cont}_{k,0} := k - \epsilon \quad \text{Cont}_{k,1} := X(k-6, 0) \quad \text{Cont}_{k,6} := \tau_{\xi\eta}(k-6, 0) \quad \text{Cont}_{k,4} := \sigma_2(k-6, 0) \\ \text{Cont}_{k,5} &:= \sigma_{\eta}(k-6, 0) \quad \text{Cont}_{k,7} := \sigma_{\xi}(k-6, 0) \quad \text{Cont}_{k,2} := Y(k-6, 0) \end{aligned}$$

Результаты расчета приведены в таблице 1.

Первый столбец содержит порядковый номер точек контура, где произведено вычисление. Во втором столбце-абсциссы, в третьем ординаты контурных точек. Главные σ_1 и σ_2 нормальные напряжения размещены соответственно в третьем и в четвертом столбцах. Нормальные и касательные к контуру компоненты напряжений в пятом и шестом столбцах. В последнем столбце размещена максимальная касательная компонента.

Анализ значений указывает, что σ_1 , N , T равны нулю во всех точках контура, что соответствует действительности, так как дневная поверхность склона горы с уступами свободна от внешних нагрузок. Концентрация напряжений σ_2 и $T_{\max}$ наблюдаются во всех четырех зонах сопряжения уступов со склонами гор. Более объективное и дифференцированное прогнозирование вероятных зон разрушения массивов склонов гор с уступами производится на основании анализа распределения накопленной упругой энергии деформации P , энергия изменения объема P_o , энергия изменения форм P_ϕ элементарного объема горного массива. Эти величины при плоском деформированном состоянии массива определяются соотношениями:

$$P\alpha(\xi, \eta) := \frac{3 \cdot (1 - 2 \cdot \nu)}{2 \cdot E} \cdot \sigma_0(\xi, \eta)^2 \quad \sigma_0(\xi, \eta) := \frac{(\sigma_1(\xi, \eta) + \sigma_2(\xi, \eta) + \sigma_3(\xi, \eta))}{3}$$

$$\tau_0(\xi, \eta) := \sqrt{(\sigma_1(\xi, \eta) - \sigma_2(\xi, \eta))^2 + (\sigma_2(\xi, \eta) - \sigma_3(\xi, \eta))^2 + (\sigma_3(\xi, \eta) - \sigma_1(\xi, \eta))^2}$$

$$P\phi(\xi, \eta) := \frac{3 \cdot (1 + \nu)}{2 \cdot E} \cdot \tau_0(\xi, \eta)^2 \quad P(\xi, \eta) := P\alpha(\xi, \eta) + P\phi(\xi, \eta)$$

Для построения изолиний распределения для трех видов удельных энергий в каждой точке массива образуем тригонометрические вектора.

$$Pov(\xi, \eta) := \begin{pmatrix} X(\xi, \eta) \\ Y(\xi, \eta) \\ P(\xi, \eta) \end{pmatrix} \quad P\phi ov(\xi, \eta) := \begin{pmatrix} X(\xi, \eta) \\ Y(\xi, \eta) \\ P\phi(\xi, \eta) \end{pmatrix} \quad P\phi ov(\xi, \eta) := \begin{pmatrix} X(\xi, \eta) \\ Y(\xi, \eta) \\ P\phi(\xi, \eta) \end{pmatrix}$$

Таблица 1.

	0	1	2	3	4	5	6	7
0	"t"	"x"	"y"	"cig-1"	Cig2	"N"	"T"	"Tmax"
1	-5	-877	23.37	$1 \cdot 10^{-15}$	-111.53	$4 \cdot 10^{-15}$	0	-110.2
2	-4	-762.7	31.54	$3 \cdot 10^{-14}$	-1616	$9 \cdot 10^{-14}$	$5.3 \cdot 10^{-15}$	-155.4
3	-3	-657.4	45.45	$7 \cdot 10^{-14}$	-257.24	$3 \cdot 10^{-14}$	$7.1 \cdot 10^{-15}$	-223
4	-2	-566.1	73.32	$8 \cdot 10^{-14}$	-425.6	05	$7 \cdot 10^{-14}$	-155.6
5	-1	-488.1	142.62	$8 \cdot 10^{-14}$	-260.81	$4 \cdot 10^{-14}$	$3.6 \cdot 10^{-15}$	-15.4
6	0	-335.5	266.43	$6 \cdot 10^{-14}$	-97.84	$1 \cdot 10^{-14}$	$2.5 \cdot 10^{-14}$	-68.5
7	1	-208.1	298.41	$7 \cdot 10^{-13}$	-575.1	$2 \cdot 10^{-13}$	$1.7 \cdot 10^{-13}$	-219.1
8	2	-65.1	508.43	$6 \cdot 10^{-14}$	-68.93	$6 \cdot 10^{-14}$	$7.1 \cdot 10^{-15}$	-11.1
9	3	179.6	572.86	$8 \cdot 10^{-13}$	-6396	$3 \cdot 10^{-13}$	$7.7 \cdot 10^{-13}$	-98.8
10'	4	483.3	952.8	$8 \cdot 10^{-14}$	-69.72	$8 \cdot 10^{-14}$	$7.1 \cdot 10^{-15}$	-25.4
11'	5	$1.3 \cdot 10^3$	675.52	$1 \cdot 10^{-14}$	-106.51	$4 \cdot 10^{-14}$	$2.1 \cdot 10^{-14}$	-35.5
12'	6	$1.4 \cdot 10^3$	2682	$8 \cdot 10^{-14}$	-442.92	$2 \cdot 10^{-14}$	$9.6 \cdot 10^{-14}$	-442.9
13'	7	$1.4 \cdot 10^3$	130.72	$3 \cdot 10^{-13}$	$-1.4 \cdot 10^3$	$3 \cdot 10^{-13}$	$1.7 \cdot 10^{-13}$	-565.8
14'	8	$1.4 \cdot 10^3$	76.35	$7 \cdot 10^{-14}$	-978.25	$7 \cdot 10^{-14}$	$6.3 \cdot 10^{-13}$	-360.8
15'	9	$1.5 \cdot 10^3$	49.92	$8 \cdot 10^{-14}$	-462.8	$5 \cdot 10^{-14}$	$7.1 \cdot 10^{-14}$	-392.5
16'	10	$1.6 \cdot 10^3$	35.25	$7 \cdot 10^{-14}$	-260.5	$7 \cdot 10^{-14}$	0	-249.2
17'	11	$1.7 \cdot 10^3$	26.17	$1 \cdot 10^{-14}$	-1686	$5 \cdot 10^{-14}$	$3.6 \cdot 10^{-15}$	-165.4
18'	12	$1.8 \cdot 10^3$	20.22	$1 \cdot 10^{-14}$	-118.38	$7 \cdot 10^{-15}$	$2.4 \cdot 10^{-14}$	-117.5
19'	13	$2 \cdot 10^3$	16.17	$1 \cdot 10^{-15}$	-88.32	$8 \cdot 10^{-15}$	$3.9 \cdot 10^{-14}$	-88
20'	14	$2.1 \cdot 10^3$	13.12	$1 \cdot 10^{-14}$	-68.72	$2 \cdot 10^{-14}$	$3.3 \cdot 10^{-15}$	-68.6
21'	15	$2.2 \cdot 10^3$	10.97	$1 \cdot 10^{-15}$	-55.13	$5 \cdot 10^{-15}$	$3.2 \cdot 10^{-15}$	-55.1
22'	16	$2.4 \cdot 10^3$	9.23	$6 \cdot 10^{-15}$	-45.35	$3 \cdot 10^{-15}$	$1.2 \cdot 10^{-14}$	-45.3
23'	17	$2.5 \cdot 10^3$	7.93	$6 \cdot 10^{-15}$	-383	$7 \cdot 10^{-15}$	$3.3 \cdot 10^{-14}$	-37.9
24'	18	$2.6 \cdot 10^3$	6.83	$6 \cdot 10^{-15}$	-32.32	$3 \cdot 10^{-15}$	$2.7 \cdot 10^{-14}$	-32.3
25'	19	$2.8 \cdot 10^3$	65	$3 \cdot 10^{-15}$	-27.82	$8 \cdot 10^{-15}$	$8.4 \cdot 10^{-15}$	-27.8

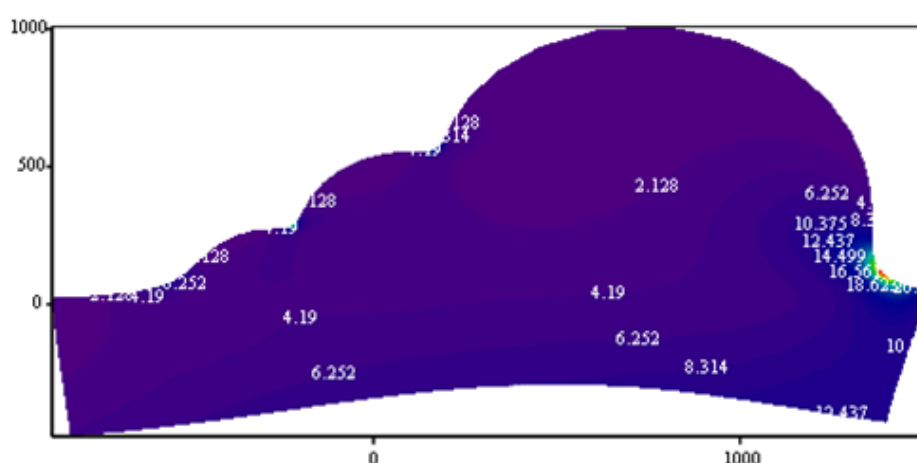


Рис 1. Общая энергия деформации

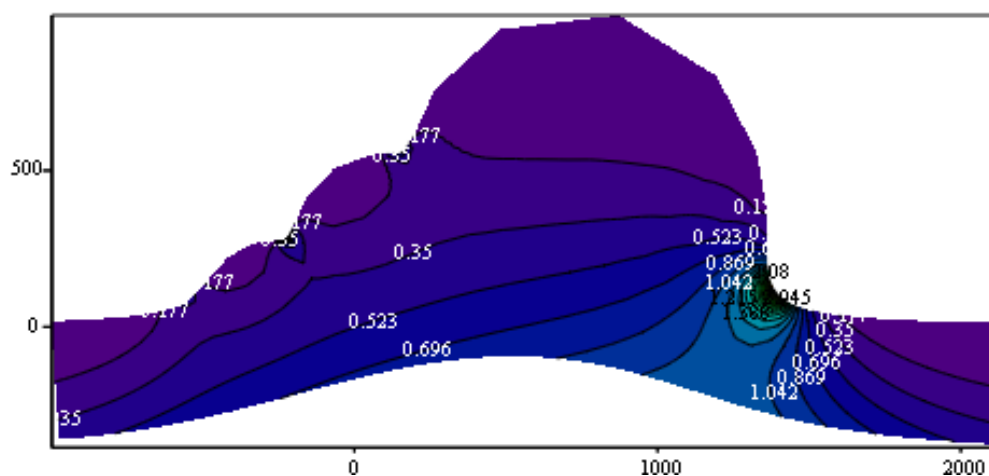


Рис. 2. Энергия изменения объёма

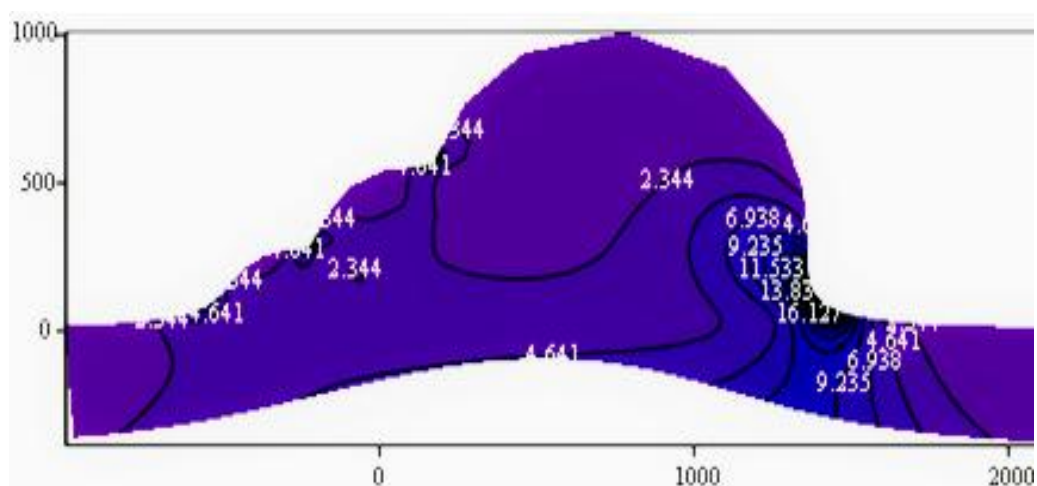


Рис. 3. Энергия изменения формы

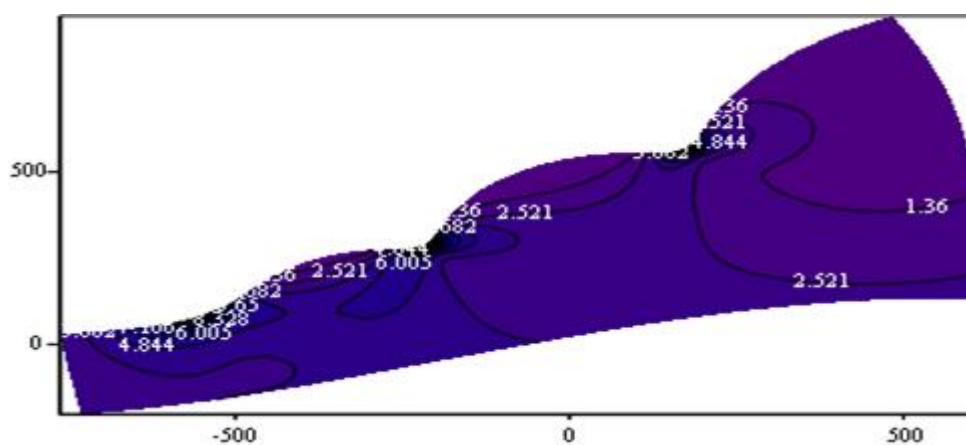
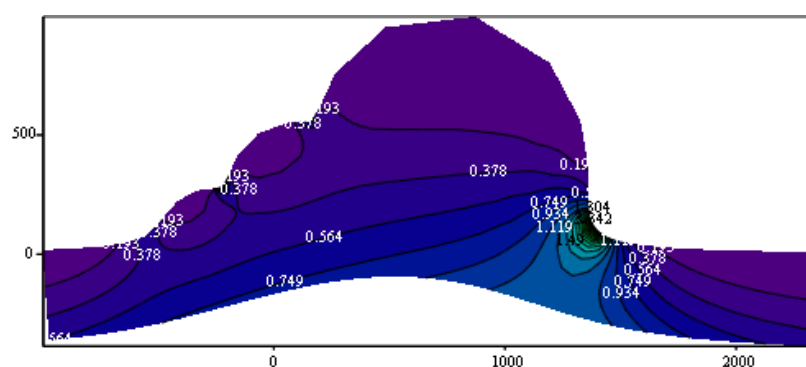


Рис. 4. Общая энергия деформации в зоне уступов

Таблица 2.

	0	1	2	3	4	5	6	7
0	"t"	"x"	"y"	"cig-1"	"cig-2"	"N"	"T"	"Tmax"
1	-5	-877	23.3	0	-168.11	$2 \cdot 10^{-14}$	$6 \cdot 10^{-14}$	-166.1
2	-4	-762.7	31.51	$4 \cdot 10^{-14}$	-222.53	$7 \cdot 10^{-14}$	$3 \cdot 10^{-14}$	-214.9
3	-3	-657.4	45.42	$8 \cdot 10^{-14}$	-327.11	$8 \cdot 10^{-14}$	$2 \cdot 10^{-14}$	-283.5
4	-2	-566.1	73.38	$5 \cdot 10^{-14}$	-500.85	$7 \cdot 10^{-14}$	$4 \cdot 10^{-14}$	-183.1
5	-1	-488.1	142.62	$8 \cdot 10^{-14}$	-287.5	07	$1 \cdot 10^{-15}$	-17
6	0	-335.5	266.4	0	-105.81	$4 \cdot 10^{-14}$	$3 \cdot 10^{-14}$	-74.1
7	1	-208.1	298.42	$3 \cdot 10^{-13}$	-598.42	$3 \cdot 10^{-13}$	$4 \cdot 10^{-13}$	-227.9
8	2	-65.1	508.42	$8 \cdot 10^{-14}$	-68.82	$1 \cdot 10^{-14}$	$1 \cdot 10^{-14}$	-11.1
9	3	179.6	572.81	$7 \cdot 10^{-13}$	-635.51	$7 \cdot 10^{-13}$	$4 \cdot 10^{-13}$	-98.3
10	4	483.3	9522	$8 \cdot 10^{-14}$	-67.12	$1 \cdot 10^{-14}$	$1 \cdot 10^{-14}$	-24.5
11	5	$1.3 \cdot 10^3$	675.57	$1 \cdot 10^{-15}$	-102.62	$1 \cdot 10^{-14}$	$1 \cdot 10^{-14}$	-34.3
12	6	$1.4 \cdot 10^3$	2681	$1 \cdot 10^{-13}$	-436.71	$2 \cdot 10^{-13}$	$2 \cdot 10^{-14}$	-436.7
13	7	$1.4 \cdot 10^3$	130.71	$1 \cdot 10^{-13}$	$-1.4 \cdot 10^3$	$1 \cdot 10^{-13}$	0	-580.1
14	8	$1.4 \cdot 10^3$	76.34	$5 \cdot 10^{-13}$	$-1.1 \cdot 10^3$	$5 \cdot 10^{-13}$	$3 \cdot 10^{-13}$	-389.9
15	9	$1.5 \cdot 10^3$	49.91	$7 \cdot 10^{-13}$	-533.11	$8 \cdot 10^{-13}$	0	-452.1
16	10	$1.6 \cdot 10^3$	35.22	$8 \cdot 10^{-14}$	-322.64	$3 \cdot 10^{-14}$	$1 \cdot 10^{-13}$	-308.6
17	11	$1.7 \cdot 10^3$	26.1	0	-225.21	$3 \cdot 10^{-14}$	$5 \cdot 10^{-15}$	-221.7
18	12	$1.8 \cdot 10^3$	20.24	$3 \cdot 10^{-14}$	-172.43	$7 \cdot 10^{-14}$	$1 \cdot 10^{-14}$	-171.3
19	13	$2 \cdot 10^3$	16.11	$4 \cdot 10^{-14}$	-140.43	$7 \cdot 10^{-14}$	$4 \cdot 10^{-14}$	-139.9
20	14	$2.1 \cdot 10^3$	13.17	$1 \cdot 10^{-15}$	-119.45	$8 \cdot 10^{-15}$	$1 \cdot 10^{-15}$	-119.2
21	15	$2.2 \cdot 10^3$	10.97	$1 \cdot 10^{-15}$	-104.82	$7 \cdot 10^{-15}$	$8 \cdot 10^{-15}$	-104.7
22	16	$2.4 \cdot 10^3$	9.27	$1 \cdot 10^{-15}$	-94.21	$6 \cdot 10^{-14}$	$3 \cdot 10^{-15}$	-94.2
23	17	$2.5 \cdot 10^3$	7.9	0	-86.3	02	$4 \cdot 10^{-14}$	-86.2
24	18	$2.6 \cdot 10^3$	6.87	$1 \cdot 10^{-15}$	-80.25	$5 \cdot 10^{-15}$	$1 \cdot 10^{-14}$	-80.1
25	19	$2.8 \cdot 10^3$	61	$4 \cdot 10^{-14}$	-75.34	$1 \cdot 10^{-15}$	$4 \cdot 10^{-15}$	-75.3



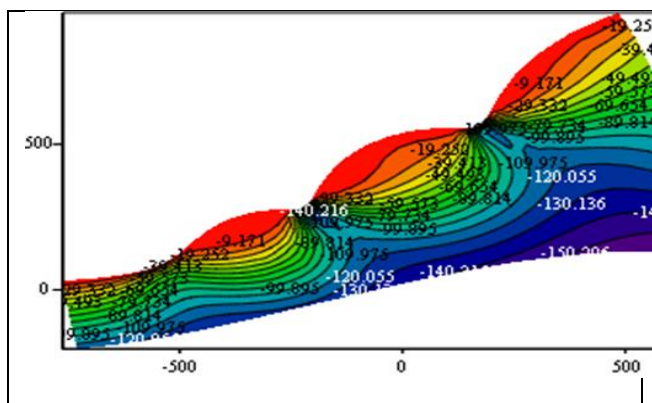


Рис .6. σ_1 в зоне уступа

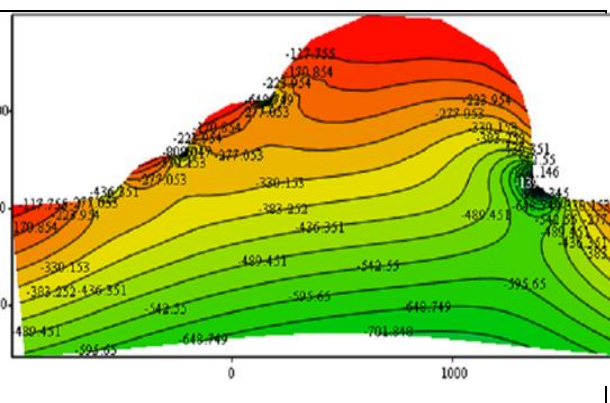


Рис. 7. Нормальная σ_2

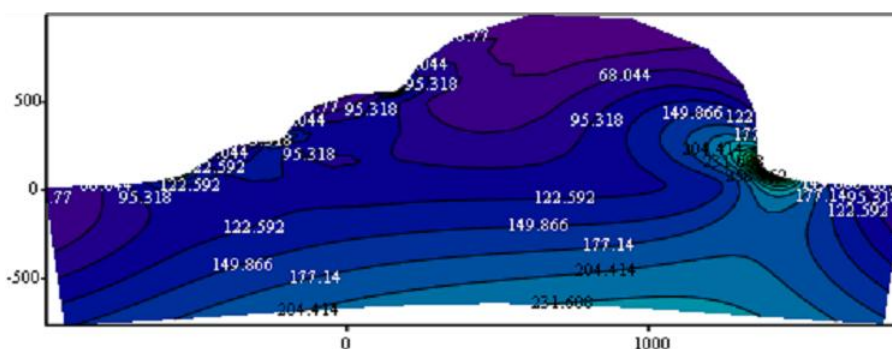


Рис. 8. $T_{\max}$

ЛИТЕРАТУРА

1. Жумабаев Б., Баялиева Ж.А. Методика расчета напряженно-деформированного состояния массивов у основания дорог, расположенных в горном склоне. Известия КГТУ им. И.Раззакова, №14/2008.с.206-210.
2. Кирьянов Д.В. Матсад 14. –СПб.: БХВ-Петербург.-704с.
3. Жумабаев Б.,Баялиева Ж.А. Начальное напряженное состояние массивов пород у оснований дорог, расположенных в склоне гор. Вестник КАУ, 2008, №3(11), с.357-361
4. Жумабаев Б.Ж., Баялиева Ж.А. Концентрация напряжений вблизи уступов, расположенных в склоне гор. Исследования, результаты. Научный журнал КНАУ, №1(049) Алматы, 2011г. с.139-144.