UDC 539.3 (043.3)

НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ МАССИВА С УЧЕТОМ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ВЫРАБОТОК

Сейтмуратов А.Ж., Махамбаева И.У.
Кызылординский государственный университет им.Коркыт Ата. г.Кызылорда. Казахстан
E-mail: angisin_@mail.ru, indira_mah@mail.ru

Аннотация: В механике сплошной среды теория напряжений содержит распространение законов Ньютона для точечных масс на сплошную среду, а теория деформаций- геометрическое описание изменений, происходящих при перемещениях точек тела. Напряжение это понятие, используемое для определения того, как передаются нагрузки через сплошное тело. В трехмерной системе координат x, y, z напряжения, действующие на плоскостях с нормалями, параллельными координатным осям, известны как компоненты тензора напряжений. Для расчета устойчивости открытых и подземных горных выработок необходимо знать условия, в которых происходит разрушение. Анализу границы напряженного состояния, на которых происходят потеря устойчивости и разрушение, посвящены механические теории прочности.

Ключевые слова: теория напряжений, сплошная среде, горные породы, устойчивость, Нелинейная зависимость.

STRESSED-DEFORMED ARRAY STATUS TAKING INTO ACCOUNT INTERACTION OF PRODUCTION

Seitmuratov A.Zh., Makhambaeva I.U.
Kyzylorda State University named after Korkyt Ata. Kyzylorda city. Kazakhstan
E-mail: angisin_@mail.ru, indira_mah@mail.ru

Abstract: In continuum mechanics, the theory of stresses contains the extension of Newton's laws for point masses to a continuous medium, and the theory of deformations contains a geometric description of the changes that occur when the points of the body move. Stress is a concept used to determine how loads are transmitted through a solid body. In the three-dimensional coordinate system x, y, z, stresses acting on planes with normals parallel to the coordinate axes are known as components of the stress tensor. To calculate the stability of open and underground mines, it is necessary to know the conditions in which the destruction occurs. The analysis of the boundaries of the stress state at which stability loss and destruction occur is devoted to mechanical theory of strength.

Keywords: stress theory, continuous medium, rocks, stability, nonlinear dependence

Связные горные породы до определенного уровня напряжений и деформаций в целом сохраняют свои свойства. Всякому маленькому изменению деформаций сдвига $d\gamma$ соответствует изменение касательного напряжения $d\tau$ того же знака $d\tau/d\gamma > 0$, рис.1. Деформированное состояние в точке В характеризуется пластическим компонентом γ^p и упругим компонентом γ^y общей деформации. Разгрузка материала от точки В будет сопровождаться восстановлением упругих деформаций, а при повторном нагружении до достигнутого уровня τ_B будет происходить чисто упруго, без появления дополнительных пластических деформаций. Таким образом, достигнутый уровень напряжений при повторном нагружении после предварительной разгрузки будет служить границей области упругого состояния и называется пределом текучести. Напряжение $\tau_{пр}$ в точке С (рис.1.) называется пределом прочности. Пока уровень τ не превышает $\tau_{пр}$, процесс нагружения сопровождается увеличением предела текучести, называемым упрочнением, после же достижения $\tau_{пр}$ в породе начинается процесс снижение сопротивляемости ($d\tau/d\gamma < 0$), называемым разупрочнением.

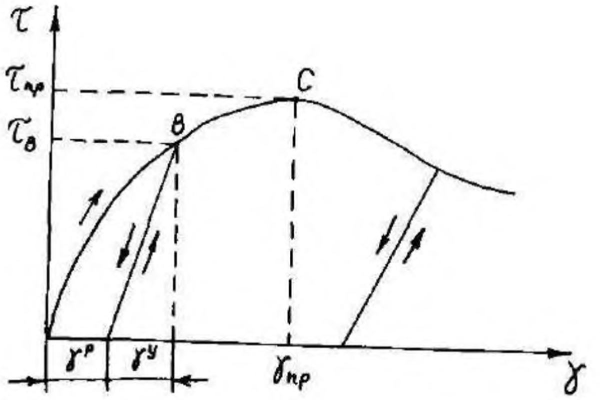

Рис. 1. Нелинейные зависимости напряжений и деформаций в осях γ-τ.

В пространстве главных напряжений предел текучести будет формировать некоторую поверхность, которую называют поверхностью текучести. Уравнением этой поверхности является симметрическая функция главных напряжений, в общем виде она записывается так:

$$F(\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3) = K \qquad (1)$$

где К - константа, связанная с пределом прочности.

Поскольку основными симметрическими функциями компонент напряжения являются его инварианты, то уравнение (1) можно представить в виде:

$$F(J_1(T_\sigma), J_2(T_\sigma), J_3(T_\sigma)) = K, \qquad (2)$$

где
$$J_1(T_\sigma) = \sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3 = 3\sigma,$$
$$J_2(T_\sigma) = -(\sigma_1\sigma_2 + \sigma_2\sigma_3 + \sigma_3\sigma_1),$$
$$J_3(T_\sigma) = \sigma_1\sigma_2\sigma_3$$

- линейный, квадратичный и кубический инварианты тензора напряжений.

Конкретизация зависимости (2) приводит к тем или иным критериям прочности. Для горных пород представляет интерес рассмотрение механических теорий Треска, Кулона и Мора [41].

Критерий Треска утверждает, что предельное касательное напряжение в теле равно некоторой постоянной величине С:

$$\tau_{пр} = C. \qquad (3)$$

Поскольку $\tau_{пр} = (\sigma_1 - \sigma_3)/2$, то имеем

$$\sigma_1 - \sigma_3 - 2C = 0 \qquad (4)$$

Формула (4) описывает плоскость, параллельную гидростатической оси. Если считать все главные напряжения равноправными, то критерий Треска описывает в пространстве главных напряжений правильную шестигранную призму.

Критерий Кулона основан на предположении, что сопротивляемость породы сдвигу в плоскости разрушения равна сцеплению С плюс величина, пропорциональная нормальному напряжению в этой плоскости:

$$/\tau/ = C + f\sigma, \qquad (5)$$

где /τ/- абсолютная величина предельного напряжения сдвига; f- коэффициент пропорциональности.

Коэффициент f называют коэффициентом внутреннего трения, так как выражение $f\sigma$ аналогично силе сухого трения.

Запишем критерий (5) в терминах главных напряжений σ_1 и σ_3.

Для этого нормальное σ и касательное τ напряжения на рассматриваемой площадке выразим через главные напряжения:

$$\begin{aligned}\sigma &= \frac{\sigma_1+\sigma_3}{2}+\frac{\sigma_1-\sigma_3}{2}\cos 2\beta \\ \tau &= \frac{1}{2}(\sigma_1-\sigma_2)\sin 2\beta\end{aligned} \qquad (6)$$

Где β- угол между нормалью N к площадке и направлением напряжения σ_1 (рис.2.).
Подстановка (6) в (5) дает

$$C = |\tau| - f\sigma = \frac{1}{2}(\sigma_1-\sigma_3)(\sin 2\beta - f\cos 2\beta) - \frac{1}{2}(\sigma_1+\sigma_3)f \qquad (7)$$

Это выражение имеет минимальное значение как функции β, когда

$$tg 2\beta = -\frac{1}{f} \qquad (8)$$

Поскольку tg 2β< 0, очевидно, что угол β лежит в пределах 45^0- 90^0 и

$$\begin{aligned}\sin 2\beta &= (f^2+1)^{-1/2}, \\ \cos 2\beta &= -f(f+1)^{-1/2}\end{aligned} \qquad (9)$$

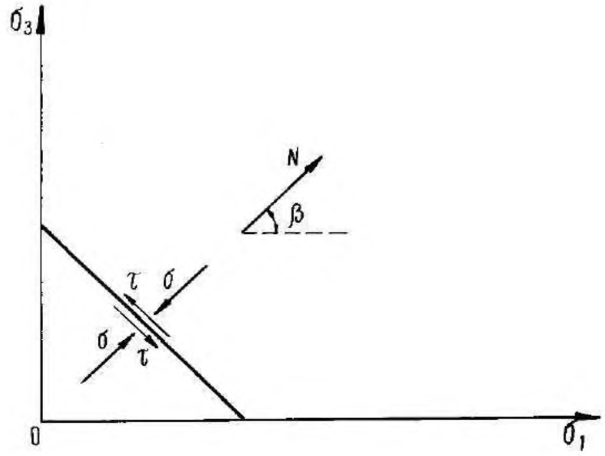

Рис. 2. Графическое изображение напряжений на наклонной плоскости

Подставляя (9) в (7), получим критерий Кулона, выраженный через главные напряжения:

$$\sigma_1\left[\left(f^2+1\right)^{1/2}-f\right]-\sigma_3\left[\left(f^2+1\right)^{1/2}+f=2C\right] \qquad (10)$$

Из (10) следует, что если левая часть уравнения меньше 2С, то разрушения не произойдет; если больше - то произойдет.

В координатах σ_1,σ_3 уравнение (10) описывает прямую BSC (рис.3).

Прочность на одноосное сжатие S получим, если подставим в уравнение (10) $\sigma_3 = 0$:

$$\sigma_1 = S = 2C[(f^2+1)^{1/2}+f] \qquad (11)$$

Критерий предполагает $\sigma_1 > \sigma_3 \geq 0$, т. е. соответствует условиям объемного сжатия.

В области растяжения дополним критерий Кулона условием прочности при растяжении:

$$\sigma_3 = T, \qquad (12)$$

где T- прочность на растяжение (T< 0).

Формуле (12) на рис.3. отвечает отрезок АТВ.

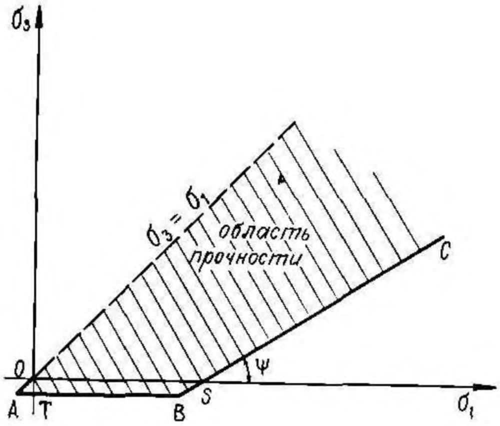

Рис. 3. Критерий Кулона на осях главных напряжений

Уравнение (10) можно записать, введя обозначение f= tg φ, и после несложных тригонометрических преобразований получим

$$\sigma_1 = S + \sigma_3 ctg^2\left(\frac{\pi}{4}-\frac{\varphi}{2}\right) \qquad (13)$$

где φ- угол внутреннего трения.

Угол наклона Ψ прямой BSC к оси σ_1 определяется соотношением:

$$ctg\psi = ctg^2\left(\frac{\pi}{4}-\frac{\varphi}{2}\right)=\frac{1+\sin\varphi}{1-\sin\varphi} \qquad (14)$$

Критерий Кулона в пространстве трех главных напряжений представляет собой шестиугольную пирамиду, у которой ось $\sigma_1 = \sigma_3 = \sigma_3$ является осью симметрии.

Критерий Мора утверждает, что сопротивляемость сдвигу по площадке является функцией от нормального напряжения на ней:

$$/\tau/ = F(\sigma) \qquad (15)$$

Если функция F линейная, тогда критерий Мора и Кулона совпадают. Вид функции F (σ) определяется по результатам испытаний в условиях трехосного сжатия. В пространстве σ_1, σ_2, σ_3 критерий Мора будет описывать поверхность, напоминающую пирамиду Кулона, но с криволинейными гранями.

REFERENCES

[1] A. Zh. Seitmuratov Method of decouplig in the theory of oscillation of double-layer plate in the building constructions. - 2006. -№3. -M. -C.31-32.

[2] Abdyldaev, E.K. Tensely-deformed state of array of mountain breeds near-by making. it is Frunze : Ilim, 1990.-c.164

[3] Baklashov I.B. Deformation and destruction of pedigree arrays. M.: Bowels of the earth, 1988. -c. 271

[4] Almagambetova A.,Tileubay S.,Taimuratova L.,Seitmuratov A., Kanibaikyzy K. Problem on the distribution of the harmonic type Relay wave// News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Series of Geology and Technical Sciences. 2019. 1(433): 242 – 247 (in Eng.). ISSN 2518-170X (Online), ISSN 2224-5278 (Print). https://doi.org/10.32014/2019.2518-170X.29;

[5] Seitmuratov A., Tileubay S., Toxanova S., Ibragimova N., Doszhanov B., Aitimov M.Zh. The problem of the oscillation of the elastic layer bounded by rigid bouhdaries//News of NAS RK. Series of physico-mathematical.2018 5(321): 42 – 48 (in Eng). ISSN 2518-1726 (Online), ISSN 1991-346X (Print). https://doi.org/10.32014/2018.2518-1726.6.

[6] Seitmuratov A., Zharmenova B., Dauitbayeva A., Bekmuratova A. K., Tulegenova E., Ussenova G. Numerical analysis of the solution of some oscillation problems by the decomposition method //News of NAS RK. Series of physico-mathematical.2019 1(323): 28 – 37 (in Eng). ISSN 2518-1726 (Online), ISSN 1991-346X (Print). https://doi.org/10.32014/2019.2518-1726.4.

[7] Seitmuratov A., Zhussipbek B., Sydykova G., Seithanova A., Aitimova U. Dynamic stability of wave processes
of a round rod // News of NAS RK. Series of physico-mathematical.2019 2(324): 90 – 98 (in Eng). ISSN 2518-1726 (Online), ISSN 1991-346X (Print). https://doi.org/10.32014/2019.2518-1726.16.

[8] Vovk A.A. Black Г.И. Development - deposits useful minerals combined by a method.- Kyiv : of Naykova thinking, 1965.

[9] Glyhko B.T., Shirokov A.Z. Mechanics of mountain breeds and guard of making.- Kyiv: Naykova thinking, 1967.-c.154.

[10] Dinnik A.N. About pressure of mountain breeds and calculation of round mine.- Engineer worker, 1925,№7.-c.1-1

[12] Erjanov Dj.S., Karimbaev T.D. Method of eventual elements in the tasks of mechanics mountain breeds.- Alma -Ата.:Science, 1957.c.238

[13] Zenkevith O. Method of eventual elements in the technique.-M.: World, 1975.- 542 with.