

*Бакиров Гайрат Холикбердиевич
старший преподаватель, кафедра "Горное дело",
Алмалыкский филиал, Ташкентский государственный
технический университет имени Ислама Каримова; Узбекистан, город
Алмалык*

**РАСПРЕДЕЛЕНИЕ НАПРЯЖЕНИЙ ВОКРУГ
ВЫРАБОТАННОГО ПРОСТРАНСТВА**

Аннотация: В данной статье рассматриваются способы управления горным давлением, распределения напряжений вокруг выработанного пространства, формирующиеся в земной коре напряжения (напряжённое состояние), прогнозировать поведение вмещающих пород;

Ключевые слова: напряжённое состояние, горным давления, подземного сооружения.

*Bakirov Gayrat Kholikberdievich
Senior Lecturer, Department of Mining,
Almalyk branch, Tashkent State Technical University named after
Islam Karimov; Uzbekistan, the city of Almalyk.*

VOLTAGE DISTRIBUTION AROUND THE PRODUCED SPACE

Abstract: This article examines the methods of rock pressure control, stress distribution around the goaf, stress forming in the earth's crust (stress state), predicting the behavior of the enclosing rocks;

Key words: stress state, rock pressure, underground structures.

При образовании в массиве горных пород выработок (полостей) вокруг них происходит перераспределение первоначальных напряжений, которые были в массиве до образования выработок. Напряжения в различных местах выработки будут неодинаковыми и они зависят от ее формы и тензора первоначальных напряжений. Отношение фактических напряжений к первоначальным определяет коэффициент их концентрации.

Поэтому, зная коэффициенты концентрации вокруг любых выработок и первоначальные напряжения массива горных пород, можно определять фактические напряжения искомой точки массива или элемента конструкции подземного сооружения.

Поскольку рудные тела представлены от горизонтальных до крутых и при их разработке образуется выработанное пространство как с выходом на земную поверхность, так и без выхода, вокруг него из-за перераспределения первоначальных напряжений создается их концентрация. По коэффициентам концентрации, первоначальным напряжением и прочностным свойствам горных пород можно прогнозировать устойчивость элементов систем разработки.

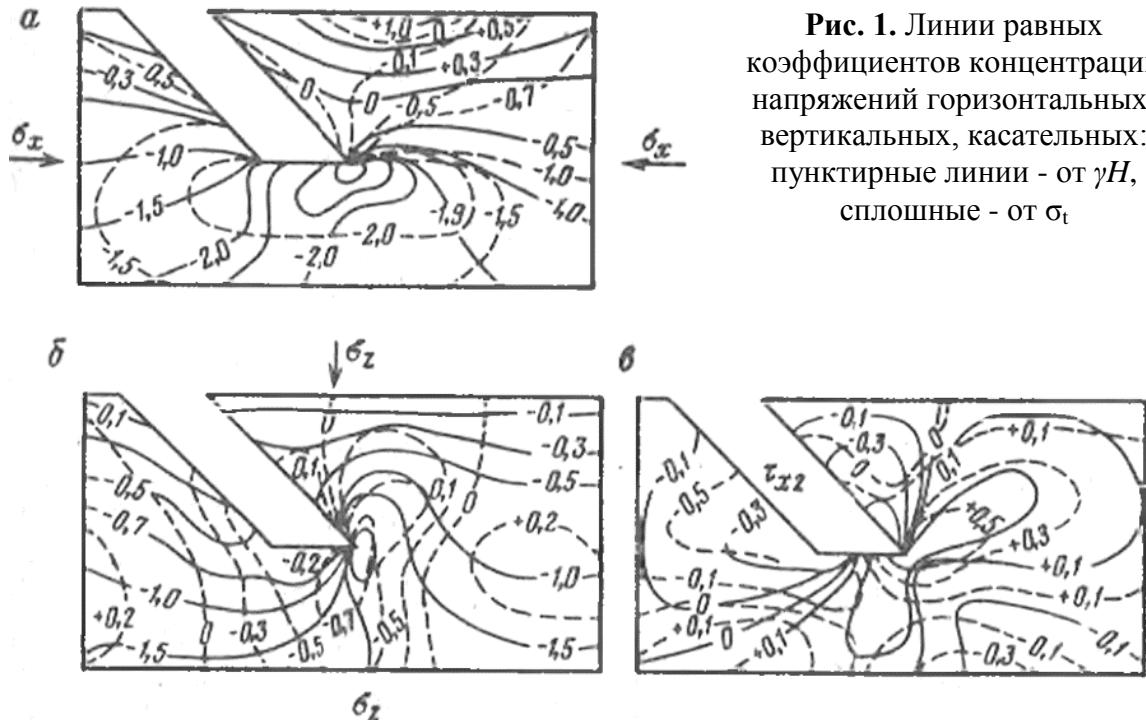
Вначале рассмотрим распределение напряжений под выработанным пространством, образованным разработкой наклонно падающих рудных тел и имеющим выход на земную поверхность.

При выемке наклонных рудных тел происходит, как правило, зависание висячего бока. Устойчивость массива горных пород зависит в основном от его прочностных свойств и напряженного состояния. Поэтому знание закономерностей распределения напряжений около выработанного пространства позволит прогнозировать поведение вмещающих пород (особенно висячего бока), производить более обоснованно выбор систем разработки и рациональней с точки зрения горного давления располагать капитальные и подготовительные выработки.

Изучение распределения напряжений вокруг выработанного пространства производили численным методом конечных разностей на машине БЭСМ-6.

Программа составлена на алгоритмическом языке АЛГОЛ-60. Переменными величинами являются: угол падения рудного тела α , коэффициент бокового распора пород λ , мощность рудного тела m и длина

консоли по падению L , отнесенные к глубине выработанного пространства H .

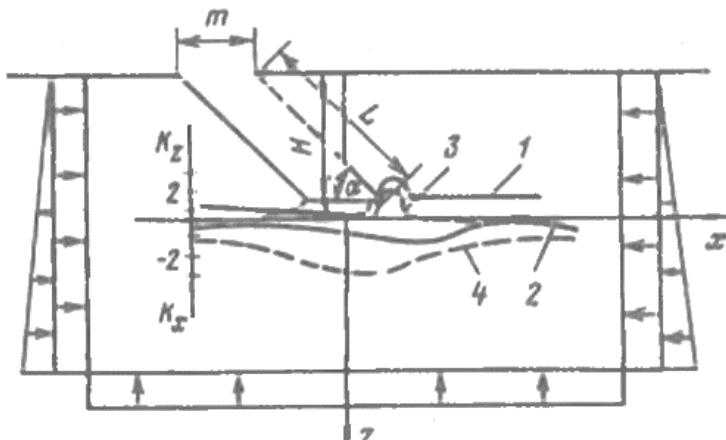


Задача решалась для $\sigma_t = \gamma H = 1$. Суммарные напряжения в каждой точке массива (МПа) можно найти суперпозицией

$$\begin{aligned} \sigma_x &= K_{\gamma x} \gamma H + K_{tx} \sigma_t; \\ \sigma_z &= \gamma H + K_{tz} \sigma_t; \\ \tau_{xz} &= K_{\gamma xz} \gamma H + K_{txz} \sigma_t; \end{aligned} \quad (1)$$

где $K_{\gamma x}$, $K_{\gamma z}$, $K_{\gamma xz}$ - коэффициенты концентрации от сил веса соответственно для нормальных σ_x и σ_z и касательных τ_{xz} напряжений; K_{tx} ; K_{tz} ; K_{txz} - то же, от тектонических сил.

В выражении (1) при растяжении берется знак плюс, при сжатии - знак минус. Значения σ_t и γH следует брать по абсолютной величине. В случае растягивающих тектонических сил соответствующие им коэффициенты концентрации меняют знаки на противоположные.



4 - $\sigma_{x,t}$;

Рис. 2. График коэффициентов концентрации напряжений на глубине 0,1 под выработанном пространством

1 - $\sigma_{z\gamma}$; 2 - σ_{xy} ; 3 - $\sigma_{z,t}$;

Изложенные выше положения справедливы для усеченной и для неусеченной консолей. Линии равных коэффициентов концентрации напряжений вокруг наклонного выработанного пространства с необрушенной консолью висячего бока, показанные на рис. 1, при значениях переменных величин $\alpha = 45^\circ$; $\lambda = 1$; $m/H = 2/3$; $L \sin \alpha / H = 1$, выражают характер напряженного состояния вмещающих пород вокруг выработанного пространства.

Приведенные результаты показывают, что тектонические силы играют в общей картине напряженного состояния значительную роль. Сжимающие тектонические силы вызывают растягивающие горизонтальные напряжения по поверхности и в глубине консоли висячего бока, суммируясь с растягивающими напряжениями от собственного веса

(рис. 1, а). Общая картина напряжений под выработанным пространством довольно сложная. Под висячим боком наблюдается значительная концентрация горизонтальных и вертикальных (рис. 1, б) и касательных (рис. 1, в) напряжений. Последние создают зону "опорного давления", которая легко определяется по изолиниям. Под лежачим боком концентрация как вертикальных, так и горизонтальных напряжений от веса ниже, так как налегающая толща пород меньше, чем в висячем боку, уменьшения горизонтальных напряжений от тектонических сил там не наблюдается. В породах лежачего бока растяжения нет, но происходит снижение первоначальных напряжений, особенно тектонических. Расчет, проведенный для усеченной консоли, показал, что в этом случае характер распределения напряжений остается почти неизменным, меняются только их величины. Наблюдается уменьшение растяжения поверхности висячего бока, например, для отношения $Lsina/H = 0,3$ и $\lambda = 0,44$; максимальное значение

$K_{yx} = 0,36$; $K_{tx} = 0,26$. Уменьшается вертикальное сжатие от веса в зоне опорного давления. Под выработанным пространством и в породах лежачего бока изменения практически нет. Особенno мало меняются при изменении геометрии консоли напряжения от тектонических сил. Из рис. 2 видно, что тектоническая составляющая создает концентрацию горизонтальных напряжений (3-4) σ_t непосредственно под выработанным пространством, а вблизи границы отработки формируется зона опорного давления, в которой силы веса создают концентрацию $\sigma_{zy} = 2,2 \gamma H$, а тектонические $\sigma_{z,t} = 1,5 \sigma_t$, а на расстоянии $0,2H$ напряжения практически не отличаются от первоначальных.

Таким образом, полученное распределение напряжений вокруг выработанного пространства позволяет качественно и количественно оценить поведение пород, окружающих выемку, более правильно произвести выбор системы разработки и направление подвигания

очистных работ вкрест простирания рудного тела. Ввиду большой концентрации тектонических напряжений под выработанным пространством их учет необходим при расчетах крепи выработок и параметров систем разработки. Определение размеров зоны опорного давления позволяет сделать правильный подход к вопросу расположения полевых откаточных штреков. Кроме напряжений по результатам расчета, при наличии упругих характеристик массива пород можно определить относительные и абсолютные его деформации. Изложенный выше метод определения напряженного состояния массива крепких горных пород остается справедливым и для случая, когда горизонтальные тектонические силы с глубиной изменяются по линейному или близкому к нему закону, т.е. град $\sigma_t = \delta\sigma_t/\delta y = \text{const} = 0$. Тогда в нетронутом массиве горизонтальные напряжения (МПа) будут:

$$\sigma_x = \sigma_x^0 + (z+H) \text{град } \sigma_t + \sigma \lambda_\delta (z+H), z+H \text{ или } \sigma_x = \sigma_x^0 + \lambda_\delta (z+H), \text{ где } \lambda = \lambda_\delta + \lambda_t;$$

$\lambda_\delta = \mu/(1-\mu)$ коэффициент бокового давления от веса; $\lambda_t = \text{град } \sigma_t/\gamma$ - коэффициент изменения тектонических сил с глубиной; σ_x^0 - величина тектонических напряжений около земной поверхности.

По мере понижения разработки наклонных и крутых рудных тел вмещающие породы обрушаются вплоть до земной поверхности. Под провалом в рудном теле отрабатываемого следующего этажа создается большая концентрация напряжений. Коэффициенты концентрации горизонтальных напряжений под провалом от давления обрушенных пород находятся по формулам:

$$K_{\gamma 0} = K_\gamma; K_{\lambda 0} = K_t^0 - K_t$$

где K_t^0 - первоначальная концентрация в месте определения напряжений в массиве пород до образования выемки.

Нормальные напряжения в рудном теле под провалом (МПа) будут равны:

$$\sigma_z = -\gamma_0 H_0;$$

$$\sigma_x = K_\gamma \gamma H + K_\lambda \lambda \gamma H + K_t \sigma_t - K_\gamma \gamma_0 H_0 - (K_\gamma - K_t^0) \gamma_0 H_0;$$

С увеличением глубины разработки будет уменьшаться отношение ширины выемки к ее высоте, и возрастать концентрация горизонтальных напряжений в основании провала. По мере удаления от основания провала концентрация напряжений будет уменьшаться. При этом величина концентрации от тектонических напряжений σ_t больше, чем от горизонтальных составляющих от веса пород $\lambda \gamma H$ и она увеличивается в 8-9 раз. Таким образом, в нижележащем этаже напряжения выше, чем были в вышележащих, и они намного превышают первоначальные напряжения нетронутого выработками массива горных пород.

В этом (нижнем) этаже в зависимости от применяемой системы разработки будут образовываться те или иные полости (выработки), которые будут создавать вокруг себя соответственную дополнительную концентрацию этих напряжений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аксенов В.К., Липчанский Б.М., Пирля К.В. Об инженерной оценке напряжений в массиве горных пород. - Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых, 1982, № 1, с. 20-28.
2. Андриевский А.П. Методика определения расстояния между шпурами и скважинами для щелеобразования. - Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых, 1983, № 4, с. 34-38.
3. Антоненко Л.К., Влох Н.П., Ильин А.М. Разработка рудных месторождений с использованием энергии горного давления. - Безопасность труда в промышленности, 1986, № 8, с. 58-61.
4. Бобров Г.Ф. Проблемы изучения деформаций горных пород при сложном напряженном состоянии. - Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых, 1982, № 2, ч. 24-3/4.

5. Бовин А.А., Курленя М.В., Шемякин Е.И. Проблемы разработки месторождений полезных ископаемых на больших глубинах. - Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых, 1983, № 3, с. 64-73.

6. Влияние расположения отрезной щели на устойчивость камеры / Влох Н.П., Крутиков А.В.; Шуплецов Ю.П., Коваленко А.И. - Горный журнал, 1983, № 5, с. 26-28.

7. Влох Н.П., Зубков А.В.у Липин Я.И. Прогноз удароопасности выработок на стадии проектирования горных работ. Прогноз и предотвращение горных ударов на рудных месторождениях Апатиты, 1987.

8. Влох Н.П.у Зубков А.В., Пятков Ю.Ф. Совершенствование конструкции днищ в условиях действия высоких горизонтальных сжимающих напряжений. - Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых, 1981, № 4.

9. Влох Н.П.у Зубков А.В.у Феклистов Ю.Г. Метод частичной разгрузки

на большой базе. Диагностика напряженного состояния породных массивов. Новосибирск, Наука, 1980.

10. Влох Н.П.у Зубков А.В., Шуплецов Ю.П. Опыт применения податливых потолочин при отработке наклонно падающих рудных тел. - Горный журнал, 1983, № 11, с. 43-45.

11. Внедрение естественного управляемого обрушения вмещающих пород на железных рудниках Урала и Казахстана /н.П . Влох, А.В. Зубков, Н.С. Ефремовцев и др. - Горный журнал, 1981, № 4, с. 55-58.

12. Егоров П.В. у Колмаков В.А. Оценка напряженного состояния гранитов. - Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых, 1983, № 3, с. 107-110.

13. Зубков А.В., Влох Н.П. Влияние деформации двух пород у контура на распределение напряжений в них при проведении горной выработки. – Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых, 1980, № 2, с. 3-7.

14. Зубков А.В. Зависимость напряженного состояния кровли и стенок камеры от ее трехмерности. - Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых, 1987, № 5, с. 11-16.

15. Исследования проявления горного давления и технологии подземной

разработки руд на больших глубинах под ред. Д.М. Бронникова. М., ИПКОН,

1983.

16. Катков Г.А. Определение напряжений в массиве пород контактными

методами. Методология и технические средства определения напряжений в

горном массиве. Новосибирск, Наука, 1983.

17. Крыжановский А.В. О возможности управления устойчивостью приконтурного массива выработок доставки в днище блока при действии горизонтальных тектонических сил. - Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых, 1981, № 4, с. 82-87,

18. А.Д. Меликулов, К.Д. Салымова, Н.Ю. Гасанова, Г.Х. Бакиров, Х.Х. Абдурахманов. Статья. Геомеханические факторы повышения эффективности геотехнологий с учетом их ресурсовоспроизведения и ресурсосбережения в современных рыночных условиях. Журнал «Проблемы энерго-и ресурсосбережения» 2019, № 3, с. 52-63,