

CENTRAL ASIAN JOURNAL OF THEORETICAL AND APPLIED SCIENCES

Volume: 02 Issue: 05 | May 2021 ISSN: 2660-5317

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ НАПРЯЖЕНИЙ ВОКРУГ ВЫРАБОТАННОГО ПРОСТРАНСТВА

Бакиров Г.Х.

ГМФ Алмалыкского филиала ТашГТУ ст.преп.

Received 29th April 2021, Accepted 6th May 2021, Online 7th May 2021

Abstract– 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: подготовительные выработки, коэффициенты концентрации, напряжённое состояние, горным давлением, подземного сооружения, вокруг выработанного пространства, тектонические силы, вмещающих пород, рудных тел

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 всякого 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 рациональной 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 .

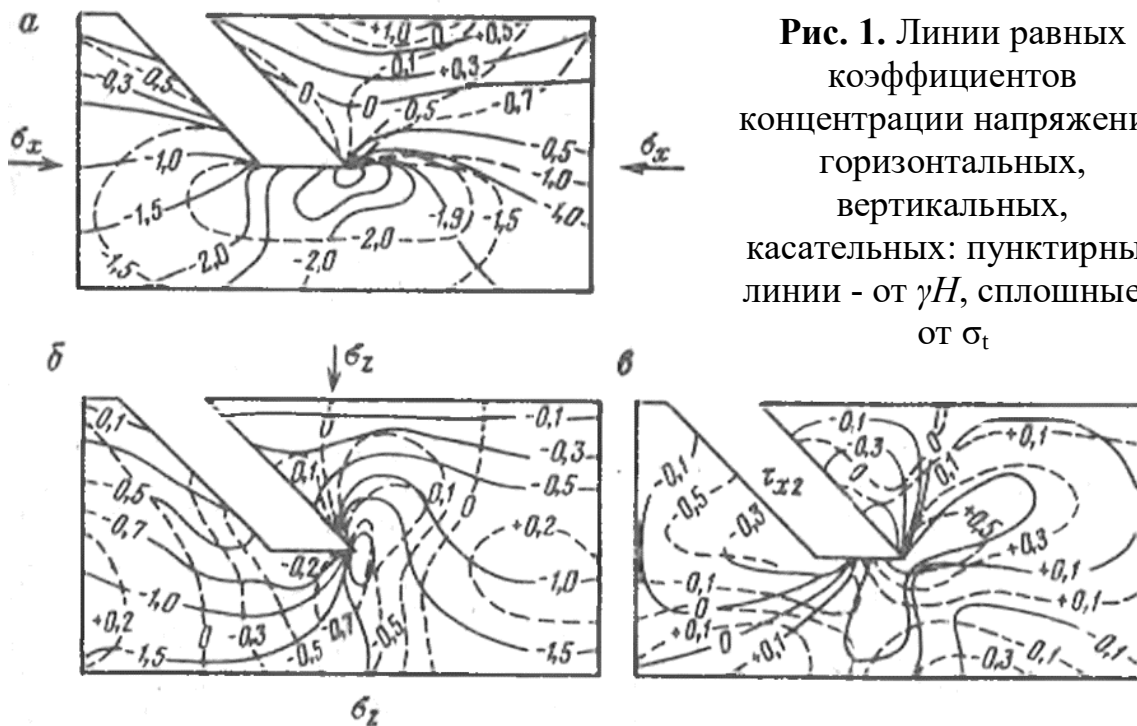


Рис. 1. Линии равных коэффициентов концентрации напряжений горизонтальных, вертикальных, касательных: пунктирные линии - от γH , сплошные - от σ_t

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

$$\sigma_x = K_{\gamma x} \gamma H + K_{tx} \sigma_t;$$

$$\sigma_z = \gamma H + K_{tz} \sigma_t;$$

$$\tau_{xz} = K_{\gamma xz} \gamma H + K_{txz} \sigma_t;$$

(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.

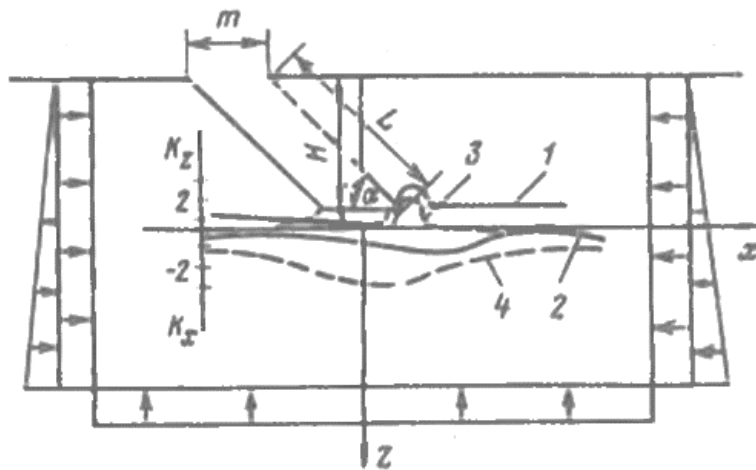


Рис. 2. График коэффициентов концентрации напряжений на глубине 0,1 под выработанным пространством

1 - $\sigma_{z\gamma}$; 2 - $\sigma_{x\gamma}$; 3 - $\sigma_{z,t}$;
4 - $\sigma_{x,t}$;

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 $L \sin \alpha / H = 0,3$ и $\lambda = 0,44$; максимальное значение

$K_{\gamma x} = 0,36$; $K_{tx} = 0,26$. Уменьшается вертикальное сжатие от веса в зоне опорного давления. Под выработанным пространством и в породах лежачего бока изменения практически нет. Особенно 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 $\sigma_{z\gamma} = 2,2 \gamma H$, 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 вкост 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. $\text{град } \sigma_t = \delta \sigma_t / \delta y = \text{const} = 0$. Тогда в нетронутом массиве горизонтальные напряжения (МПа) будут:

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

$\lambda_\delta = \mu / (1 - \mu)$ 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:

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

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 возрастет 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 соответствующую 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, с. 24-34.
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. Салямова, Н.Ю. Гасанова, Г.Х. Бакиров, Х.Х. Абдурахманов. Статья. Геомеханические факторы повышения эффективности геотехнологий с учетом их ресурсовоспроизводства и ресурсосбережения в современных рыночных условиях. Журнал «Проблемы энерго-и ресурсосбережения» 2019, № 3, с. 52-63,