

## МОДЕЛИРОВАНИЕМ НА ЭВМ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СМЕШЕНИЙ, ДЕФОРМАЦИЙ И НАПРЯЖЕНИЙ В МАССИВЕ ПОДЗЕМНЫХ ГОРНЫХ РАБОТ

**З. С. Назаров**

доцент кафедры «Горное дело» НГГИ

**А. О. Чориқулов**

ассистент кафедры «Горное дело» НГГИ

### АННОТАЦИЯ

В статье приведены результаты моделирования на ЭВМ напряженно-деформированного состояния (НДС) массив горных. По результатам моделирования определялись полный вектор напряжений, деформаций и смещений. В качестве примера приведено распределение вертикальных смещений под влиянием выработки, проведенной в сплошном и в ослабленном слоистом массиве. На модели были выбраны характерные вертикальные сечения, по которым проведена выборка расчетных величин и построены графики. По боку выработки сечение I-I и по оси выработки сечение II-II.

Оценка влияния одиночной выработки осуществлялась посредством сравнения графиков, полученных при деформировании сплошного массива и ослабленного под влиянием выработки. В качестве примера приведены графики изменение характера распределения горизонтальных, вертикальных смещений, горизонтальных, вертикальных напряжений и горизонтальных, вертикальных деформаций в окрестности подготовительной выработки по сечению I-I. Полученные результаты воспроизводились в виде графиков с использованием программ Excel, Surfer.

**Ключевые слова:** вектор, выработки, напряжений, смещений, деформаций, модель, вертикаль, горизонталь, график, характер, сечения, тектонические нарушения.

### ВВЕДЕНИЕ

Исследование закономерностей распределения деформаций и напряжений в массиве горных пород проводились моделированием на ЭВМ напряженно-деформированного состояния (НДС) массив горных пород по инженерно-

геологическим условиям относящихся к средней категории сложности. [34; 35; 36; 37; 38]. Характерной особенностью вмещающих пород является их интенсивная тектоническая нарушенность. С увеличением глубины ведения горных работ степень тектонической нарушенности возрастает. Горные породы ненарушенных зон - скальные, а в зонах тектонических нарушений - полускальные.

На основе известных работ [39; 40; 41] распределения деформаций и напряжений в массиве горных пород осложненном природными поверхностями ослабления и тектонических нарушениях, в зоне влияния одиночной горной выработки. С использованием известной структурной методикой приведенной на рис.1 проведено изучение характера распределения напряжений и деформаций, в сплошном и ослабленном искусственными нарушениями массивах в окрестности подготовительной горной выработки.

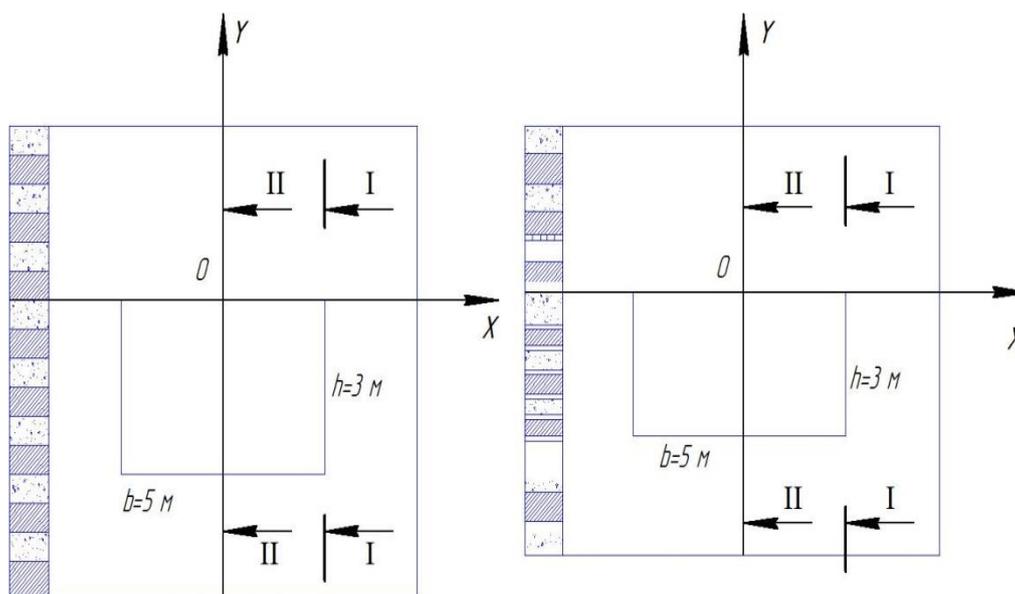
## АНАЛИЗ ЛИТЕРАТУРЫ

Установлено влияние поверхностей ослабления на характер распределения следующих параметров НДС в тектонически нарушенном массиве в зоне влияния одиночной горной выработки при горизонтальном залегании породных слоев: напряжений, смещений, деформаций.



Рисунок 1. Структурная методика исследования закономерностей распределения напряжений и деформаций в массиве, осложненном, природными мягкими слоями и тектонически нарушениями в окрестности подготовительной горной выработки.

Рассмотрены две расчетные схемы: с подготовительной выработкой в сплошном слоистом массиве, (рисунок 2, а) и подготовительной выработкой в слоистом массиве с тектонически нарушенными включениями слоев (рисунок 2, б).



а—сплошной массив; б—ослабленный массив

Рисунок 2 — Расчетные схемы для исследования распределения НДС в окрестности подготовительной выработки

Для исследования принята стратиграфическая колонка, включающая систему породных слоев. В базовом варианте приняты модуль упругости и предел прочности всех породных слоев одинаковыми. Ширина горной выработки в базовом варианте принята 5 м, высота 3 м (рисунок 2, а). Для определения НДС в ослабленном массиве на контактах каждого породного слоя введен искусственный слой, (рисунок 2,б). Глубина разработки в обоих случаях  $H=300\text{м}$ .

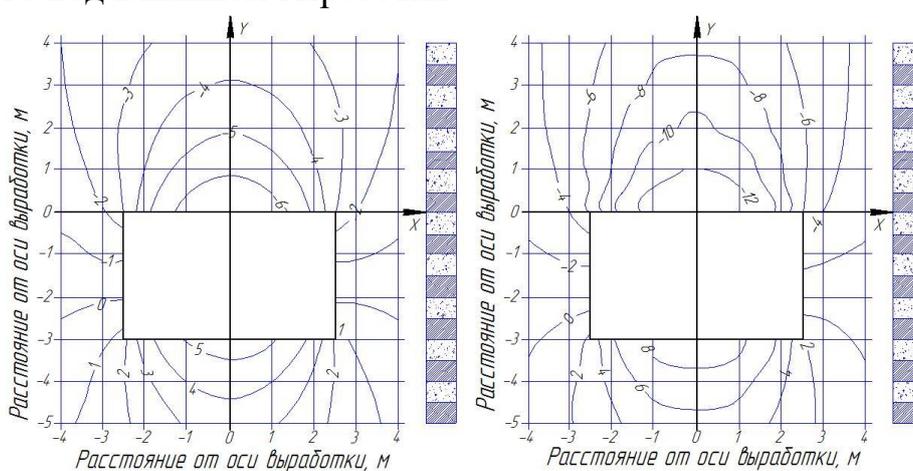
## РЕЗУЛЬТАТЫ

По результатам моделирования определялись полный вектор напряжений, полный вектор деформаций и смещений. В качестве примера приведено распределение вертикальных смещений под влиянием выработки, проведенной в сплошном слоистом

массиве (рисунок 3, а). Аналогичные схемы получены для напряжений и деформаций в ослабленном слоистом массиве (рисунок 3, б).

Учитывая большой объем полученной информации и сложность ее интерпретации при варьировании параметров на модели были выбраны характерные вертикальные сечения, по которым проведена выборка расчетных величин и построены графики. По боку выработки сечение I-I и по оси выработки сечение II-II (рисунок 2).

Оценка влияния одиночной выработки осуществлялась посредством сравнения графиков, полученных при деформировании сплошного массива и ослабленного под влиянием выработки.



а—сплошной массив; б—ослабленный массив

Рисунок 3 — Изолинии вертикальных смещений в окрестности подготовительной выработки.

В статье в качестве примера приведены графики изменение характера распределения горизонтальных, вертикальных смещений, горизонтальных, вертикальных напряжений и горизонтальных, вертикальных деформаций в окрестности подготовительной выработки по сечению I-I. Полученные результаты воспроизводились в виде графиков с использованием программ Excel, Surfer.

**Горизонтальные смещения** горных пород (сечение I-I) направлены в сторону оси выработки. Характер распределения горизонтальных смещений в сплошном и ослабленном слоистых массивах принципиально отличается. В сплошном массиве смещения по мере приближения к контуру выработки монотонно увеличиваются и направлены в сторону оси выработки у кровли и почвы выработки. На боках выработки смещения направлены в глубь массива, что следует объяснить изгибом пород кровли и почвы и явлением зажатия пород. В

ослабленном массиве горизонтальные смещения распределяются неравномерно, причем максимальные смещения в сторону оси выработки наблюдаются по жестким слоям, а породы в ослабленных слоях отстают. Разность горизонтальных смещений пород в ослабленном искусственном и жестком слоях по контакту достигает 1 мм. В породах почвы наоборот, смещения в мягких искусственных слоях превышают смещения пород в жестких слоях. На контуре выработки, в ослабленном массиве явление зажатия пород не установлено, то есть на боках выработки возможен отжим пород, что подтверждается на практике. Графики рисунка 3.4 подтверждают возможность проскальзывания породных слоев по контакту, изгиб и срез анкеров.

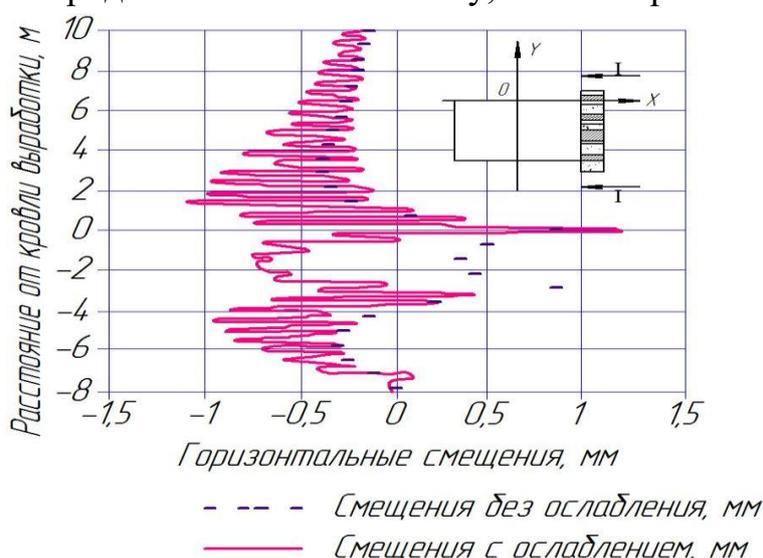


Рисунок. 4 Изменение характера распределения горизонтальных смещений в окрестности подготовительной выработки по сечению I-I

Таким образом, в ослабленном слоистом массиве характер распределения горизонтальных смещений более соответствует результатам натуральных наблюдений по сравнению с характером распределения смещений в сплошном слоистом по родном массиве.

**Вертикальные смещения.** Характер распределения вертикальных смещений в сплошном и ослабленном искусственными слоями массивах по сечению I-I (рисунок 3.5) почти одинаковый. Однако величины вертикальных смещений в ослабленном массиве в два раза больше по сравнению с оседаниями не ослабленного массива. Причем вертикальные деформации в искусственных слоях больше, по сравнению с деформациями в прочных породных слоях.

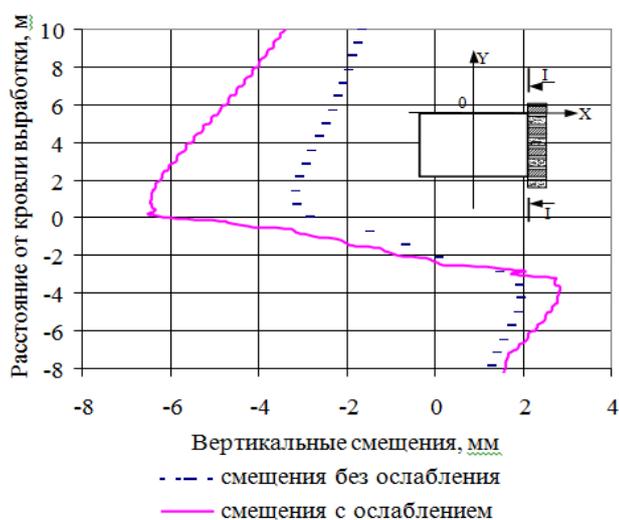


Рисунок. 5.—Изменение характера распределения вертикальных смещений в окрестности подготовительной выработки по сечению I-I

**Вертикальные напряжения** в сечении I-I сжимающие (рисунок 3.7). Максимальный коэффициент концентрации вертикальных напряжений на уровне кровли выработки составляет для сплошного массива 4МПа, а для ослабленного искусственными слоями массива 3,1 МПа. В остальных точках сечения I-I величины вертикальных напряжений в сплошном и ослабленном слоистых массивах близки.

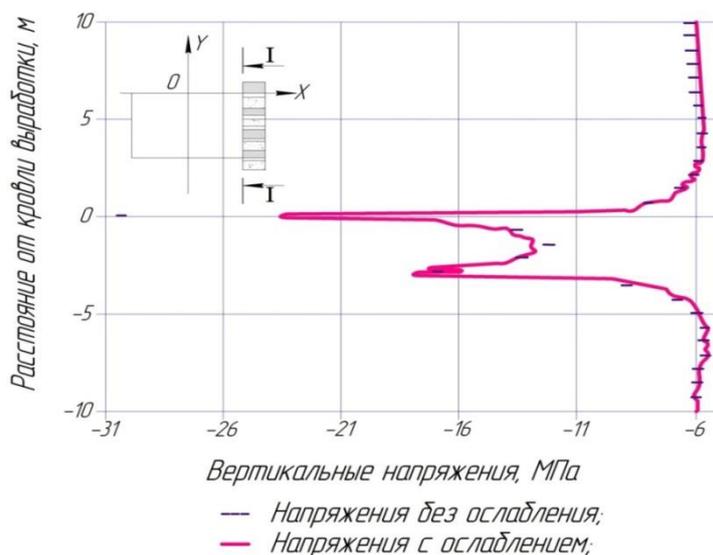


Рисунок. 6 —Изменение характера распределения вертикальных напряжений в окрестности подготовительной выработки по сечению I-I

**Горизонтальные напряжения.** Распределение горизонтальных напряжений в сечении I-I для сплошного массива характерно для результатов аналитических расчетов

по теории упругости, то есть по мере приближения к кровле и почве выработки, сжимающие напряжения уменьшаются и на боку выработки равны нулю.

Для ослабленного массива наблюдается периодический характер распределения напряжений, при этом в мягких слоях преобладают максимальные сжимающие напряжения, а в жестких слоях напряжения близки к напряжениям вычисленных для сплошного массива. Наличие сжимающих напряжений в боках выработки в мягких слоях приводит к увеличению вероятности отжима пород на контуре выработки (рисунок 3.9).

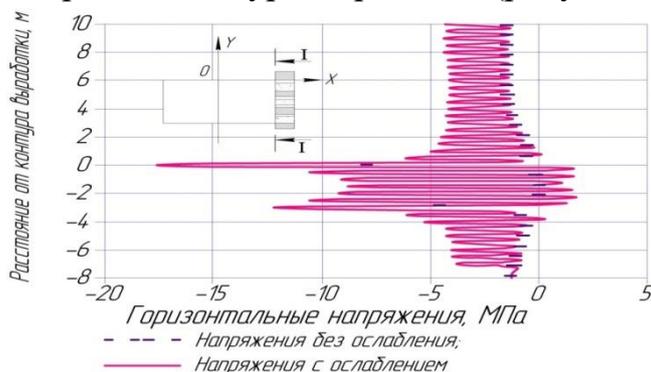


Рисунок. 7.—Изменение характера распределения горизонтальных напряжений в окрестности подготовительной выработки по сечению I-I

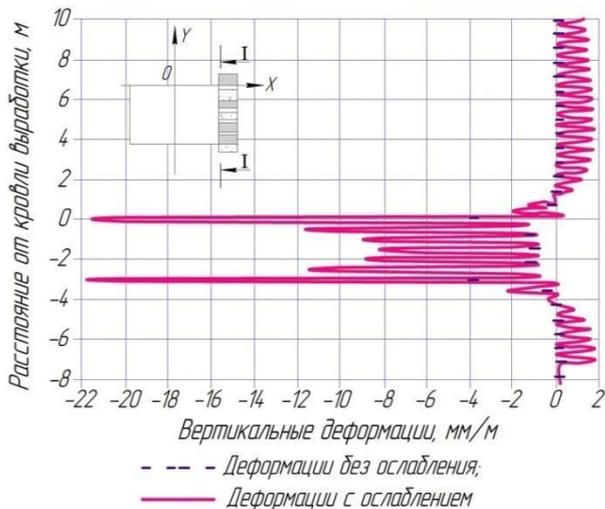


Рисунок. 8. —Изменение характера распределения вертикальных деформаций в окрестности подготовительной выработки по сечению I-I

**Вертикальные деформации.** По сечению I-I (рисунок 3.11.), характер распределения сжимающих деформаций в сплошном и ослабленном слоистых массивах принципиально отличается. В сплошном массиве в породах кровли и почвы выработки деформации близки к нулю. На боках выработки деформации направлены в сторону оси выработки. В ослабленном массиве вертикальные

деформации распределяются неравномерно, причем в породах кровли и почвы максимальные сжимающие деформации наблюдаются по мягким слоям, а в жестких слоях они практически равны нулю.

На боках выработки вертикальные деформации так же направлены в сторону оси выработки.

**Горизонтальные деформации** по сечению I-I (рисунок 3.13.), знакопеременные. При этом в слоистом, ослабленном мягкими слоями, массиве наблюдается периодический характер распределения деформаций с максимальными деформациями в мягких породных слоях и минимальными деформациями в жестких породных слоях.

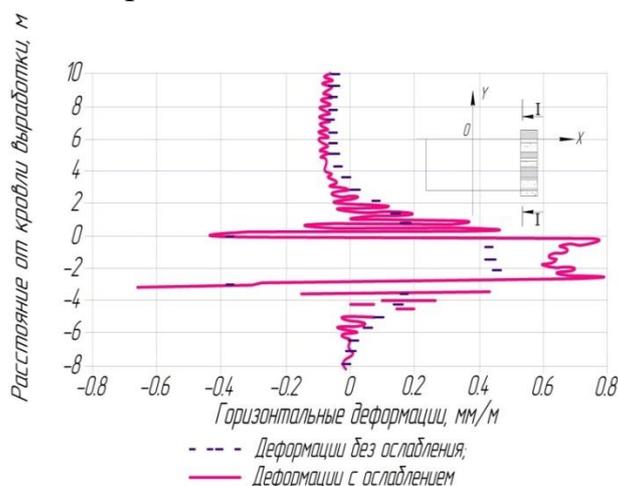


Рисунок. 9. Изменение характера распределения горизонтальных деформаций в окрестности подготовительной выработки по сечению I-I

## REFERENCES

1. Давкаев К.С. Использование программы SURFER для создания планов горных работ: Метод, указ. / К.С. Давкаев; Под ред. В.Н. Фрянова.— СибГИУ, Новокузнецк, 1998.—74с.
2. Аннин Б.Д. Упруго-пластическая задача /Б.Д. Аннин, Г.П. Черепанов.— Новосибирск: Наука, 1983.—240с.
3. Баклашов И.В., Картозия Б.А. Механика подземных сооружений и конструкций крепей. /, . —М.:Недра, 1992.—544с.
4. Большинский М.И. Обеспечение устойчивости выработок на угольных шахтах. Уголь Украины.—1995.— №2. с. 11-13.
5. Васильев Л.М. Расчет горизонтальных напряжений в горном массиве ФТПРПИ.- 1994.- №4. - с.9 - 13.

6. Егоров П.В. Ануфрие В.Е. Проявление горного давления в подготовительных выработках шахт Кузбасса и прогрессивные способы повышения их устойчивости. Горный вестник - 1998.- №2. - с.42 - 50.

7. Ержанов Ж.С., Кайдаров Н.К., Тусупов М.Т. Напряженное состояние однородного крупно слоистого горного массива. Проблемы механики горных пород: Материалы Всесоюзной конференции по механике горных пород. — Новосибирск: Наука,1971.- с. 98 - 102.

8. Жихарев С.Я. Научное обоснование способов охраны подготовительных выработок в слоистых неоднородных массивах пластовых месторождений; Автореферат. Санкт-Петербургский государственный горный институт им. Г.В. Плеханова - СПб: Библиогр.: 1996. — 47 с. 44.