

**ПРОГНОЗ НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ МАССИВА
ГОРНЫХ ПОРОД В ЗОНАХ МЕЖЛАВНЫХ ЦЕЛИКОВ****Черняев В.И., Гриценков Н.Н.***(Донецкий государственный технический университет,
г. Донецк, Украина)*

Розроблені алгоритм і програма розрахунку та побудови зон підвищеного гірського тиску на основі визначення параметрів напруженого стану гірського масиву. Побудова меж зон виконується з урахуванням впливу багатократної підробки та надробки гірського масиву очисними роботами, що одночасно ведуться у декількох забоях.

There are worked out the algorithm and program for calculation and visualization parameters of rock mass strained state in pillar areas located between stope workings. Results of calculations allow to determine outlines of relaxation areas and areas of increased rock pressure with taking into account influence of multiple undermining and upmining rock mass.

Многочисленными исследованиями и шахтными наблюдениями установлено, что в зонах предохранительных целиков происходят изменения напряженного состояния горного массива. В почве и кровле целиков появляются зоны повышенного горного давления (ПГД). При этом наиболее неблагоприятное воздействие горного давления испытывают межлавные целики. Отработка свит пластов на больших глубинах приводит к появлению большого числа зон ПГД от краевых частей лав. Взаимное наложение этих зон еще более усугубляет картину проявления горного давления в зонах межлавных целиков. Поэтому актуальной задачей является научно обоснованное определение размеров и расположения целиков, конфигурации и размеров зон ПГД и величин напряжений в них.

Для решения данной задачи использован программный комплекс STRAIN, реализующий алгоритм расчета напряжений в горном массиве, основанный на аналитических методах

геомеханики. Программный комплекс STRAIN обеспечивает расчет значений тензоров начальных, полных и главных напряжений в любой точке вмещающей толщи на разрезе вкрест простирания или по простиранию пород. При этом учитывается влияние очистных работ, одновременно ведущихся в нескольких забоях.

Основой расчета является определение значений тензоров начальных (S_y^0, S_x^0, T_{xy}^0) и полных (S_y, S_x, T_{xy}) напряжений в любой точке горного массива (S_y^0, S_x^0 — нормальные к напластованию напряжения; S_x^0, S_x^0 — напряжения в плоскости напластования пород; T_{xy}^0, T_{xy} — касательные напряжения).

Чтобы построить график (эпюру) напряжений для целика на разрезе вкрест простирания пласта расчет значений напряжений осуществляется вдоль некоторой расчетной линии, определяющей пространственное положение пласта или очистной выработки, попадающей в зону действия целика. Положение расчетной линии на разрезе устанавливается пользователем.

Исходными данными для напряжений являются: H_1 — средняя глубина отработки первой лавы; α — угол падения пластов; λ — коэффициент бокового распора пород в нетронutom массиве; f_n/f_{cn} — отношение средних значений коэффициентов крепости прочных пород (песчаников и известняков) и сланцев; γ — средний объемный вес толщи горных пород. При многократной подработке и наработке горного массива для каждой i -ой лавы вводятся следующие данные: D_i — длина i -ой лавы; h_i — расстояние по нормали от i -ой лавы до расчетной линии; ξ_i — процент содержания песчаников и известняков в междупластьи h_i ; L_{i-1} — расстояние по падению (восстанию) между серединами i -ой и первой лав ($i > 1$); $\varphi_{1i}, \varphi_{2i}$ — левый и правый углы давления для i -ой лавы.

Если целик располагается между i -ой и j -ой лавами, то для этих лав устанавливаются одинаковые значения расстояний h_i по нормали к напластованию от разрабатываемого лавами пласта до расчетной точки (линии). Расстояние L_{i-1} по падению (восстанию) между серединами этих лав определяется из формулы:

$$L_{i-1} = 0.5 (D_i + D_j) + L_{ц},$$

где D_i и D_j — соответственно длины этих лав, м; $L_{ц}$ — размер целика по падению (восстанию), м.

На рис. 1 показана картина распределения напряжений S_y , нормальных к напластованию, для различных размеров целиков при горизонтальном залегании пласта. В приведенном примере следующие параметры расчета: средняя глубина разработки H_1 равна 800 м; коэффициент бокового распора пород λ равен 0.7; отношение средних значений коэффициентов крепости прочных пород (песчаников и известняков) и сланцев равно 2.0; содержание песчаников и известняков в междупластьи составляет 20%; расстояние h_i по нормали к напластованию от рабочего пласта до расчетной линии равно 20 м; левый и правый углы давления для обеих лав равны 60 градусов; длина обеих лав D одинакова и составляет 200 м. Размеры целика на рис. 1, а, 1, б, 1, в, 1, г равны соответственно 0,4а, 0,6а, 0,8а и 1,0а, где а — половина длины лавы, т. е. 40, 60, 80 и 100 м.

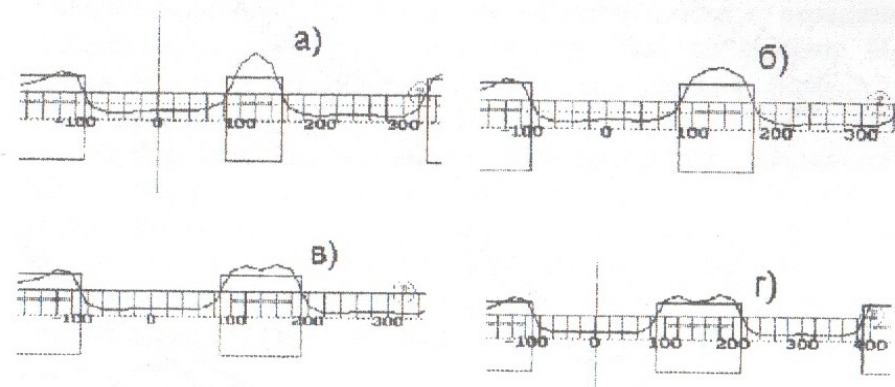


Рис. 1. Распределение напряжений S_y для различных размеров целиков ($\alpha = 0^\circ$)

Как видно из рис. 1, с увеличением размера целика концентрация напряжений уменьшается. Значения коэффициента концентрации напряжений S_y/S_y^0 на рис. 1, а, 1, б, 1, в, 1, г равны соответственно 2,63, 2,26, 2,09 и 1,95 (где S_y^0 — значения напряжений, нормальных к напластованию, в нетронutom массиве), т. е. с увеличением длины целика с 40 до 100 м

концентрация напряжений уменьшилась для данных условий примерно на 35%.

При этом изменяется картина графика напряжений, в частности, появляется двугорбый пик напряжений над целиком с уменьшением напряжений над центральной частью целика и локальными максимумами напряжений у его краевых частей.

На рис. 2 показана картина распределения напряжений S_y , нормальных к напластованию, для тех же условий, но для наклонного залегания пластов (угол падения α равен 40°).

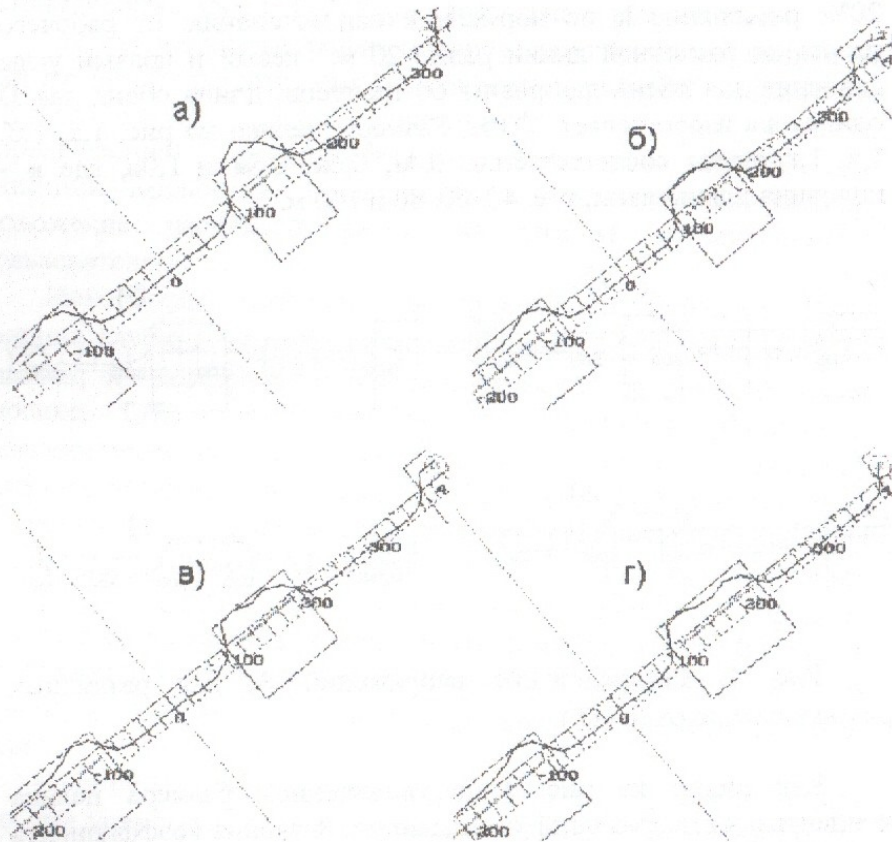


Рис. 2. Распределение напряжений S_y для различных размеров целиков ($\alpha=40^\circ$)

Характер распределения напряжений S_y для наклонного залегания пластов в целом остается таким же, как и для

горизонтального залегания. Значения коэффициента концентрации напряжений S_y/S_y^0 на рис. 2, а, 2, б, 2, в, 2, г равны соответственно 2,59, 2,24, 2,07 и 1,99. Значения полных напряжений S_y и напряжений S_y^0 в нетронутом массиве при этом на 25-30% меньше аналогичных значений напряжений для случая горизонтального залегания.

Для анализа характера перераспределения напряжений в толще горного массива под целиками различного размера (0,4а, 0,6а и 0,8а) были выполнены расчеты для случаев горизонтального и крутого залегания пластов при значении коэффициента бокового распора горных пород λ , равном 0,7, и одинаковых длинах лав, примыкающих к целику и равных 200 м.

На рис. 3 приведены эпюры дополнительных напряжений S_{yy} в долях $P_B - \gamma * H_1$ и конфигурация зон ПГД в надработанной толще горных пород для углов падения пластов 0 и 60° (при этом $S_{yy} = S_y - S_y^0$). При наклонном залегании пластов величина H_1 принимается равной глубине от земной поверхности до середины верхней лавы, примыкающей к целику. Так, на глубине H_1 , равной 800 м, и средней плотности толщи пород γ , равной 25 кН/м^3 , величина P_B будет равна 20 МПа.

Выбор для анализа эпюр дополнительных напряжений обусловлен тем, что конфигурацию и размеры зон ПГД удобнее определять по критерию нулевых дополнительных напряжений ($S_{yy} = 0$), что равнозначно критерию $S_y = S_y^0$. Изолиния дополнительных напряжений $S_{yy} = 0$ в толще пород является границей между зонами разгрузки и повышенного горного давления.

Как видно из рис. 3, величины дополнительных напряжений в толще пород, конфигурация зон ПГД, дальность зоны влияния целика и углы между плоскостью пласта и касательными к контуру зон ПГД в точках расчетной линии, пересекаемых изолинией $S_{yy} = 0$, существенно зависят от угла падения пластов и ширины целика.

Дальность зоны влияния целика значительно уменьшается с уменьшением ширины целиков и увеличением угла падения пластов. Так, дальность для условий горизонтального залегания пластов при ширине целиков $L_{ц}$, равной 0,4а, 0,6а, 0,8а, составляет соответственно 1,3а, 1,5а, 1,7а. С увеличением угла падения пластов α до 60° дальность влияния целика в толще

горных пород уменьшается в 1,3-1,5 раза и составляет соответственно 1,0а, 1,1а и 1,5а.

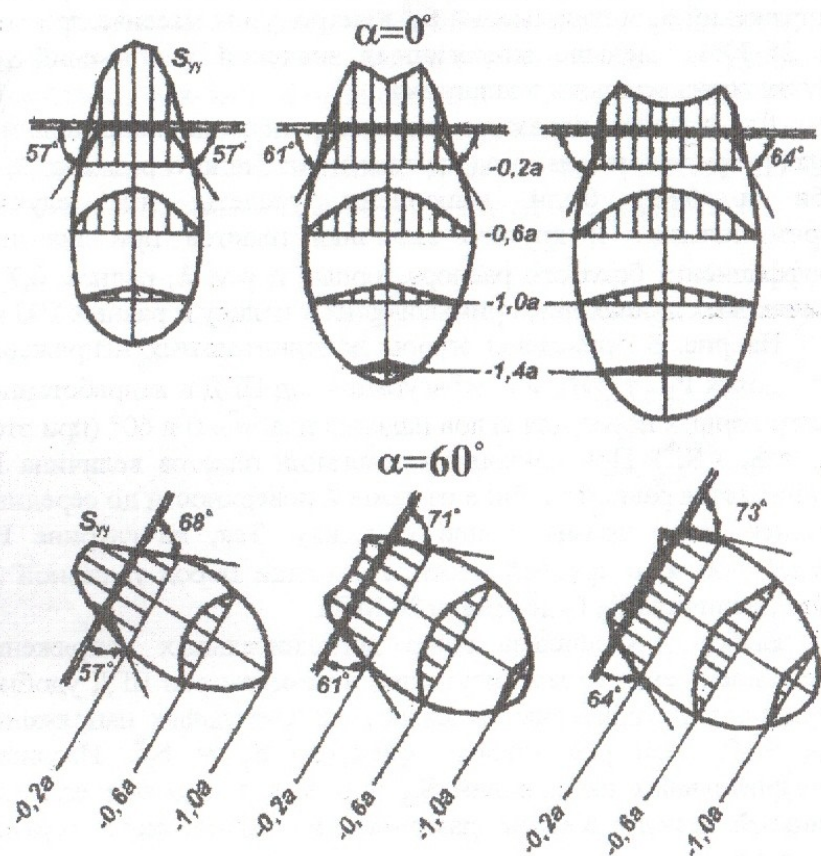


Рис. 3. Эпюры дополнительных напряжений S_{yy} и конфигурация зон ПГД от целиков в надроботанной толще горных пород

С увеличением угла падения пластов возрастает асимметрия границ зон ПГД относительно нормали, проведенной через середину целика. При этом нижняя граница зоны ПГД в надроботанной толще смещается от нормали в сторону падения пластов.

Программный комплекс STRAIN позволяет проверить различные варианты расположения целиков, варьировать их

размеры с учетом влияния многократной подработки и надрботки, т. е. моделировать изменение картины напряжений по мере развития горных работ. На рис. 4 показана динамика изменения картины напряжений S_y с увеличением числа работающих лав на двух соседних пластах.

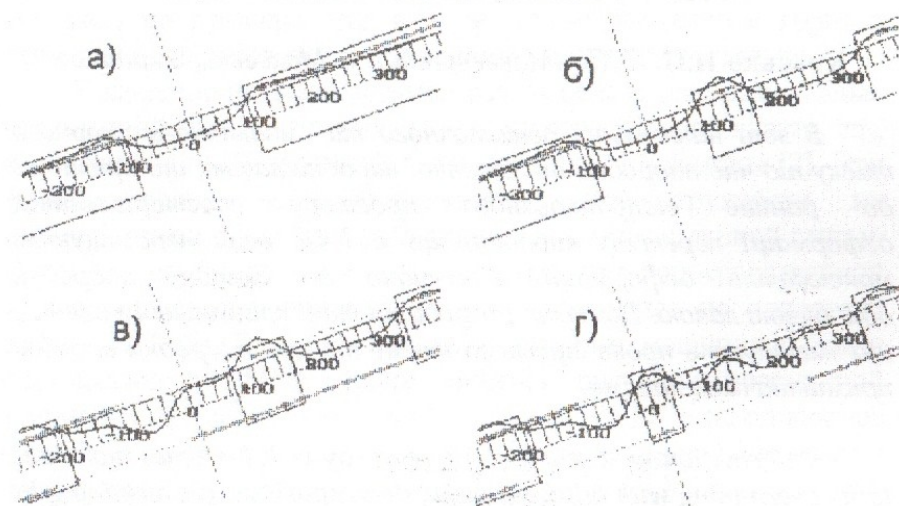


Рис. 4. Динамика изменения напряжений S_y при многократной подработке и надрботке целиков

Как видно из рис. 4, величины полных напряжений S_y и конфигурация зон ПГД существенно зависят от параметров многократной очистной выемки. При подработке или надрботке целиков другими очистными выработками картина распределения напряжений может очень сильно измениться в зависимости от размера междупластий рабочих пластов и взаимного расположения очистных выработок и целика в направлении падения (восстания) пластов.

Разработанный метод прогноза напряжений в зонах влияния целиков между очистными выработками обеспечивает научно обоснованное определение размеров и конфигурации зон ПГД. Это позволяет осуществлять рациональное проектирование целиков и выбирать мероприятия по управлению горным давлением, что повышает безопасность и эффективность горных работ.