

УДК 622.833.5.622.016.52

**Г.А. Симанович**, д-р техн. наук, профессор,  
**В.В. Фомичов**, канд. техн. наук, доцент,  
**В.А. Соцков**, аспирант  
(ГВУЗ «НГУ»)

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗОН ПОВЫШЕННЫХ НАПРЯЖЕНИЙ, ВЛИЯЮЩИХ  
НА УСТОЙЧИВОСТЬ ДЕМОНТАЖНОЙ КАМЕРЫ В ЗОНЕ  
ОЧИСТНЫХ РАБОТ**

**Г.А. Симанович**, д-р техн. наук, професор,  
**В.В. Фомичов**, канд. техн. наук, доцент,  
**В.О. Соцков**, аспирант  
(ДВНЗ «НГУ»)

**ВИЗНАЧЕННЯ ЗОН ПІДВИЩЕНИХ НАПРУЖЕНЬ, ЩО  
ВПЛИВАЮТЬ НА СТІЙКІСТЬ МОНТАЖНОЇ КАМЕРИ В ЗОНІ  
ОЧИСНИХ РОБІТ**

**G.A. Simanovich**, D.Sc. (Tech.), Professor,  
**V.V. Fomichov**, Ph.D. (Tech.), Associate Professor  
**V.A. Sotskov**, Doctoral Student  
(SHEE “NMU”)

**DETERMINATION OF AREAS WITH HIGH STRESSES IMPACTING ON  
DISMANTLING DRIFT STABILITY IN A ZONE WITH WINNING  
OPERATIONS**

**Аннотация.** В ходе вычислительного эксперимента выполнен расчет напряженно-деформированного состояния (НДС) массива горных пород вокруг лавы при пошаговом приближении забоя к монтажному штреку. Выявленные особенности НДС близлежащего массива позволяют обоснованно подходить к выбору схем поддержания подготовительной выработки с учетом влияния приближающейся лавы. Построение функции перехода, основанной на сформированных допущениях, позволило определить координаты оптимального обрушения породных слоев. Полученные результаты анализа вычислительного эксперимента, проведенного для условий шахт Западного Донбасса, показали возможность эффективного использования для обоснования технических решений параметров зон концентрации напряжений в условиях взаимного влияния подготовительной выработки и очистного забоя.

**Ключевые слова:** вычислительный эксперимент, очистные работы, монтажный штрек

**Актуальность.** Взаимное влияние горных выработок может носить различный характер. При неизменных геометрических составляющих сопряжения выработок анализ их устойчивости следует проводить с применением статических постановок задачи [1 - 3].

Однако в ходе технологического процесса по добычи угля возникает необходимость прогнозирования устойчивости выработок, характеристики взаимного влияния которых изменяются во времени.

В ряде исследовательских работ [4, 5] было показано, что определяющими показателями повышения точности проводимых вычислений является адекватное описание геометрии и механических характеристик горного массива. При этом выбор рациональных характеристик крепи возможен только при проведении расчетов в системе «крепь – горный массив». При грамотном определении показателей моделирования [6, 7] становится возможным получать высокоточные решения, на основе которых появляется возможность оптимизировать параметры крепежной системы таким образом, чтобы максимально снизить негативное влияние горного давления.

Проведение подобного моделирования для шахт Западного Донбасса позволяет выработать методику вычислительного эксперимента, а также определить специфические характеристики напряженно-деформированного состояния горного массива, анализ которых выявляет картину деформаций контура горной выработки, находящейся в зоне влияния другой выработки.

Цель работы состоит в определении геометрических и механических показателей зон повышенного горного давления в окрестности демонтажного штрека при подходе к нему очистного забоя. Выявленные особенности деформации контура выработки позволяют более обоснованно подойти к выбору схемы поддержания подготовительной выработки с учетом очистного забоя.

**Постановка задачи.** В рамках задачи проводимого вычислительного эксперимента было выполнено определение деформационных процессов массива горных пород вокруг 161-ой лавы при пошаговом приближении забоя к демонтажному штреку. Для проведения расчетов были использованы таблицы физико-механических свойств пород (исследование проб в лаборатории ИГТМ им. Н.С. Полякова НАН Украины) и сводная литологическая колонка, описывающая структуру горного массива в окрестности 161-ой лавы. Полученная структура горного массива в окрестности выбранной пластовой выработки представлена на рис. 1.

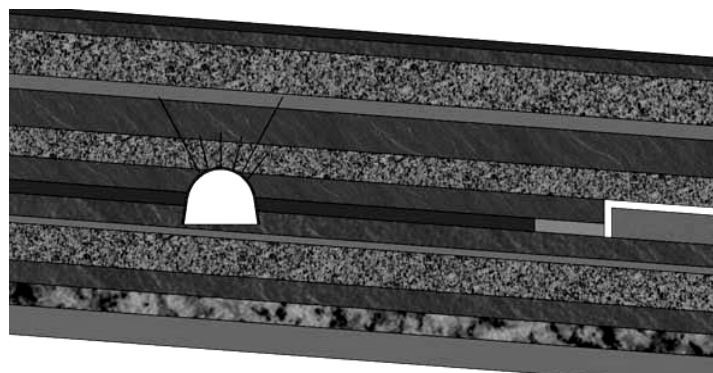


Рисунок 1 - Общий вид поперечного сечения модели в разрезе

Полная расчетная модель состоит из 13 породных слоев и угольного пласта, ее размеры составляют: по восстанию/падению – 60м, по высоте – 22м, по ширине выработок – 2м, угол падения пласта – 4 градуса.

Механические характеристики моделируемых горных пород: аргиллит имеет модуль деформации  $E=0,1*10^4$  МПа, алевролит –  $E=0,5*10^4$  МПа, песчаник –  $E=2*10^4$  МПа, уголь –  $E=0,3*10^4$  МПа. Коэффициент Пуассона задан значением 0,3 для всех литологических разностей. Мощность угольного пласта 0,9 м.

На расстоянии 15 м от левого края модели расположен штрек, сечение которого моделировалось арочной формы под крепь КШПУ. Для его поддержания использовалась комбинация рамной крепи и анкеров. В сечение вписана рамная крепь с профилем СВП-27. Все элементы крепи моделировались как отдельные детали, обладающие соответствующими механическими характеристиками. Механизированная крепь для уменьшения размерности задачи моделировалась как цельный прямоугольный блок с реакцией сопротивления горному давлению, максимально реальной конструкции. Размеры блока полностью соответствуют секции механизированной крепи.

**Анализ формирования зон повышенных напряжений при подвигании очистного забоя к демонтажному штреку.** После завершения расчета для анализа результатов были выбраны эпюры вертикальных напряжений, а также эпюра интенсивности напряжений по Мизесу.

Первый шаг расчета был выполнен при расположении очистного забоя на расстоянии 20 м от демонтажного штрека, при этом выработанное пространство задано шириной 15 м вплоть до первой границы модели (рис. 2, а). Впереди лавы отчетливо просматривается зона опорного давления. В приконтурной области коэффициент концентраций достигает максимального значения 8,75, эта зона сравнительно небольшая (высота-1,5м; ширина - 0,75 м) и по контуру имеет несколько меньшие значения нагрузок. Далее следует более обширная зона с резким понижением напряжения  $\sigma_y$  и коэффициентами концентраций 4...6,5, размеры которой по высоте – 12 м, а по ширине – 4 м. Третья часть этой зоны характеризуется плавным снижением интенсивности сжимающих нагрузок, что показывает и коэффициент концентрации в этой части до 2,5. В тоже время эта зона представлена значительными размерами: высота – 18м, ширина – 10...15м.

В выработанном пространстве, а также в окружающих породах формируется зона разгрузки. Растягивающие напряжения здесь колеблются в пределах 4-8 МПа. Аналогичная зона разгрузки наблюдается в кровле и почве вокруг выработки. На данном этапе обе зоны приблизительно равны и составляют 4...5м по высоте и 3...4м по ширине, при  $\sigma_y = 2-6$  МПа. По бокам выработки, в угольном пласте и окружающих породах появляются сжимающие напряжения, интенсивность которых увеличивается сверху вниз и достигает максимальных значений в области опор стоек рамы.

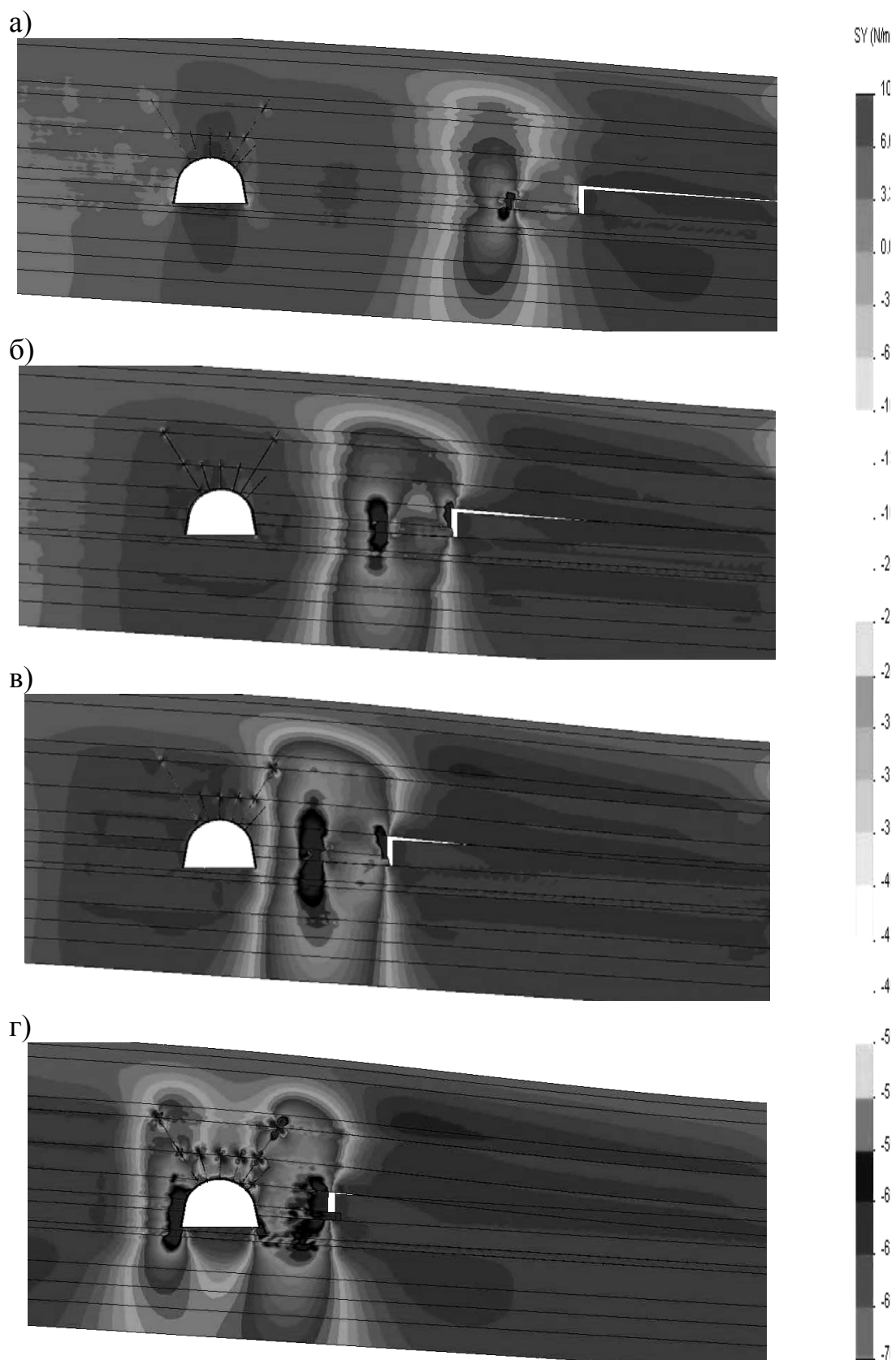


Рисунок 2 - Эпюра вертикальных напряжений  $\sigma_y$  при расстоянии до демонтажного штрека: а) 20м; б) 10м; в) 5м; г) при выходе очистного забоя в штрек.

Так если на уровне угольного пласта коэффициент 1,5, то под опорой стойки рамы достигает значений 8,5 и более. Вся эта зона по высоте занимает примерно 2,3...2,8м, а по ширине около 1м. Стоит отметить, что со стороны подхода очистного забоя зона этих напряжений меньше по размерам и по интенсивности, чем с противоположной стороны. Однако эта разница не столь значительная, чтобы можно было разделить напряжения в отдельные группы.

При продвижении очистного забоя на 10 м эпюры вертикальных напряжений  $\sigma_y$  претерпели значительные изменения (см. рис. 2, б). Зона опорного давления теперь занимает пространство не только перед механизированной крепью, но и все пространство в почве и кровле. Соответственно, описываемая зона значительно увеличилась в размерах и по степени интенсивности сжимающих напряжений относительно первого этапа расчета. Можно выделить два участка с запредельными коэффициентами нагрузок: в районе груди забоя и за механизированной крепью непосредственно перед выработанным пространством. Здесь коэффициенты достигают значений 8,75 и более, также эти зоны оконтуриваются пограничной полосой с коэффициентом 7,5, после чего идет значительный спад нагрузки. Следующая зона концентраций с достаточно высокими сжимающими напряжениями  $\sigma_y$  (коэффициент концентраций 4...6) занимает значительную часть зоны опорного давления и имеет размеры: 18 м по высоте и 10...12 м по ширине. Далее нагрузки плавно снижаются и перетекают в средние по всей модели в данном расчете. Плавный переход выражен на эпюре небольшим каскадом из 6-7 ступеней, где коэффициент понижается от 3,75 до 1. Данный процесс простирается на 3...5 м в ширину по всему контуру предыдущей зоны концентрации напряжений. Стоит отметить, что в породных пластах над механизированной крепью в результате данного расчета образовалась небольшая зона пониженных коэффициентов концентраций в интервале 2,5...3,2.

Позади ярко выраженной зоны опорного давления в выработанном пространстве и окружающих породных слоях образуется зона разгрузки с коэффициентом растягивающих напряжений до 4 МПа. Эта область занимает по ширине 20...25 м и высоте 16...18м. Аналогичная зона наблюдается и вокруг выработки. Здесь также пространство подвержено растягивающим напряжениями до 6 МПа без значительных перепадов. Размеры по высоте 14...16 м, по ширине 8...12 м. Только в местах контакта рамы с породами почвы и анкеров с породой отмечаются сравнительно небольшие очаги возникновения сжимающих напряжений, точно достигающих больших коэффициентов.

В первую очередь, при перемещении очистного забоя на расстоянии до 5 м от штрека (см. рис 2, в), стоит рассмотреть зону опорного давления. Как и ранее, зона состоит из двух частей: основной, находящейся впереди очистного забоя и локальной в районе ограждения секции механизированной крепи. На данном этапе расчета основная зона сильно увеличилась и теперь составляет по высоте 6...8 м, а по ширине около 2 м. Коэффициент концентрации в этой зоне достигает максимальных значений и составляет от 9 до 12. Относительно незначительные размеры имеет вторая зона с запредельными концентрациями, находящаяся на границе механизированной крепи и выработанного простран-

ства (ширина 0,5...1 м, высота 1,5...2 м). При этом в данной области коэффициент концентрации достигает 10.

Далее следует самая крупная по размеру область сжимающих нагрузок, которая занимает практически все пространство от обрушенных пород и до демонтажного штрека. Все ранее описанные зоны также входят в ее состав и формируют наиболее значительный блок в эпюре. Размеры зоны: по высоте 18...20 м, по ширине 10...12 м. Коэффициент концентраций (не учитывая вышеописанные зоны) колеблется в диапазоне 3...5. Примечательно, что сжимающие нагрузки практически полностью исчезают в непосредственной близости к демонтажному штреку.

Если в предыдущем расчете данная зона растягивающих напряжений занимала пространство вокруг штрека, то сейчас в связи с приближением очистного забоя на достаточно близкое расстояние, зона опорного давления также приблизилась вплотную к выработке и теперь оказывает непосредственное влияние на напряженно-деформированное состояние со стороны подвигания забоя. В связи с этим, область сжатия сдвинулась в сторону относительно штрека и составляет примерно 15 м в ширину и 13...16 м в высоту, при величине до 5 МПа.

Четвертый этап расчета выполнялся при условии непосредственного выхода механизированной крепи к демонтажному штреку. По сравнению с предыдущими этапами расчета здесь сразу же просматривается абсолютно другая картина распределения вертикальных напряжений.

В первую очередь выделим наличие двух зон опорного давления, примерно равных по размеру. Первая зона находится в районе ограждения механизированной крепи и начала выработанного пространства. Однако, если ранее эта зона либо вообще отсутствовала, либо имела небольшие размеры, то на данном этапе размер этой области с коэффициентом концентраций, достигающим 10, увеличился до 4...5 м в высоту и до 1,5...2 м в ширину. Значительные размеры и коэффициент концентраций сжимающих напряжений, показанные на эпюре дает отчетливое представление о нагрузках, которым подвергается механизированная крепь. Также, анализируя эпюру результатов расчета можно отметить, что данная зона имеет специфическую форму, в некоторых местах имеются разрывы и смещения в область с меньшими уровнями концентраций напряжений. Вторая зона опорного давления расположилась с другой стороны демонтажного штрека. Она непосредственно контактирует с боковыми стенками выработки и оказывает воздействие на рамную крепь. Очевидно, это связано с близостью выработанного пространства и перераспределением нагрузок на контактах породных слоев массива, залегающих над выработкой. Данная область имеет более однородную форму и коэффициент концентраций, достигающий 11. При этом размеры второй зоны достаточно близки к первой: высота – 5...6 м, а ширина – 1,5...2 м.

Справа относительно штрека, находится более обширная зона, которая заняла все пространство между выработкой и выработанным пространством. Она оказывает значительное влияние на крепление демонтажного штрека, что сказывается на нагрузках, действующих на рамную крепь и анкера. Размеры описываемой области по высоте – 19...21 м, по ширине 5...8 м. Коэффициент кон-

центраций напряжений 4...7. На противоположной стороне выработки наблюдается вторая область, которая окружает зону опорного давления. Она аналогична первой по своим свойствам, форме и воздействию на выработку. Однако имеет немного меньшие размеры (высота 17...19 м, ширина 2...4 м) и коэффициент концентраций 3,5...6, также оказывает определенное воздействие на крепёжную систему, используемую в демонстрационном штреке. Несмотря на достаточно близкое расположение этих двух зон, они не имеют ярко выраженных мест соединения, если визуально провести линию их пересечения над или под выработкой, то коэффициент концентраций в этом месте будет на порядок ниже. Очевидно, в породах кровли это связано с влиянием анкерного крепления, которые снижают величины сжимающих напряжений в данной области, что снижает давление на верхняк рамной крепи. В тоже время, в породах почвы наблюдается зона действия растягивающих напряжений, что является признаком пучения почвы и вдавливания стоек крепи в породу. Это явление хорошо отображено на эюре, где на контакте стоек крепи и пород появляются зоны с высоким коэффициентом концентраций от 15 и выше, что еще раз свидетельствует о разрушении породы под стойками и их вдавливании в почву на некоторую глубину.

Позади механизированной крепи начинается зона действия выработанного пространства на окружающие горные породы. Она характеризуется достаточно равномерным распределением растягивающих нагрузок по всему массиву без явных очагов пониженных или повышенных напряжений. Характерной чертой этой области являются обрушенные породы, что способствует ослаблению контактов между породными слоями в кровле и появлению мульды сдвижения на поверхности. Размеры этой области примерно 35 м по ширине и 20 м по высоте. Величина растягивающих напряжений доходит до 8 МПа.

Для оценки степени воздействия зон концентраций напряжений, на распределение нагрузок воспринимаемых крепёжной системой штрека и механизированной крепи, воспользуемся приведенными характеристиками размеров этих зон и средних величин концентрации усилий в их пределах. При определении приведенных размеров зон повышенных напряжений в направлении напластования используем длину опорной площадки механизированной крепи. В этом смысле приведенный размер зон концентрации напряжений определяется как отношение длины участка повышенных напряжений, в два и более раза, к длине зоны контакта между моделью механизированной крепи породным массивом. А для усредненного приведенного коэффициента концентрации напряжений используем значение напряжений в угольном пласте, расположенном в левой части расчетной области. Первоначально вычисляется разница между максимальным и минимальным напряжениями в зоне концентрации. Затем, полученное значение соотносится с максимумом напряжений в нетронутом угольном пласте. Результаты аппроксимации данных величин на рис.3.

Как видно, совокупный анализ графиков позволяет определять качественное и количественное воздействие двух выработок на картину изменения напряжений.

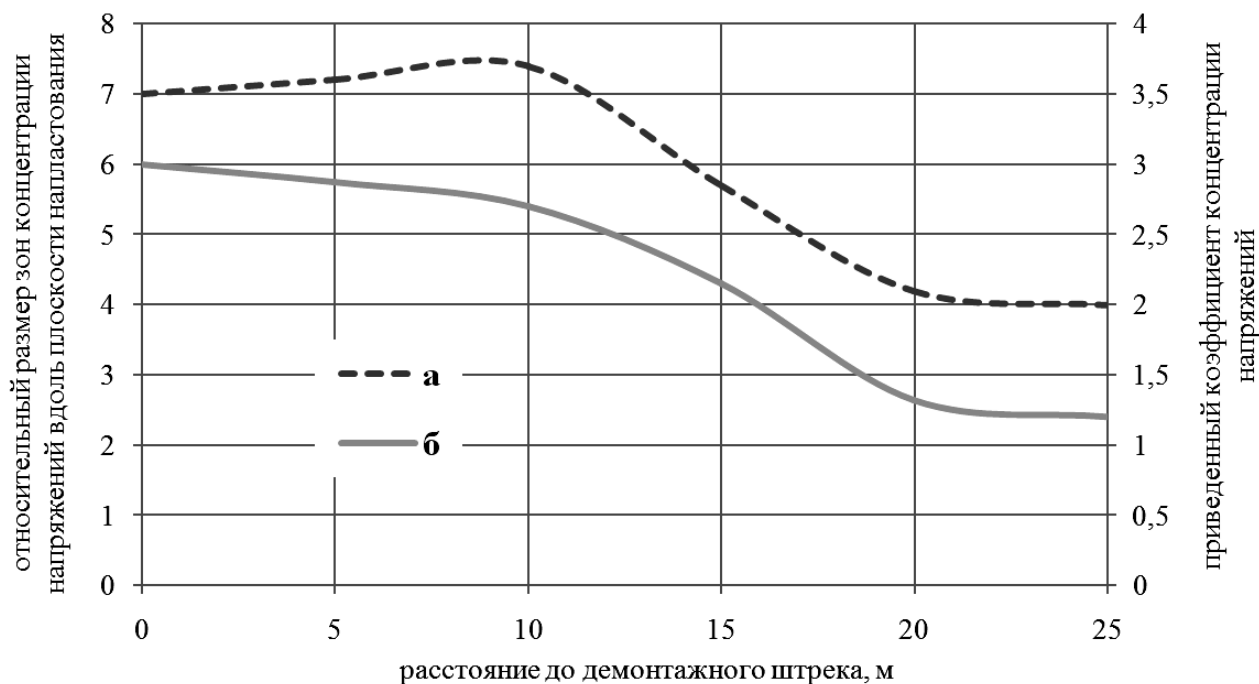


Рисунок 3 - Графики, характеризующие зону повышенного горного давления:  
 а) усредненный приведенный коэффициент концентрации напряжений;  
 б) приведенный линейный размер зон концентрации напряжений

Опираясь на эти графики, можно выделить три характерных отрезка существования зоны повышенного горного давления: первая – от 0 до 8 м, эффективное воздействие очистного забоя на состояние контура выработки демонтажного штрека; вторая - от 8 м до 17 м, активный рост взаимного влияния горных выработок; третья от 17 м и больше, отсутствие взаимного влияния.

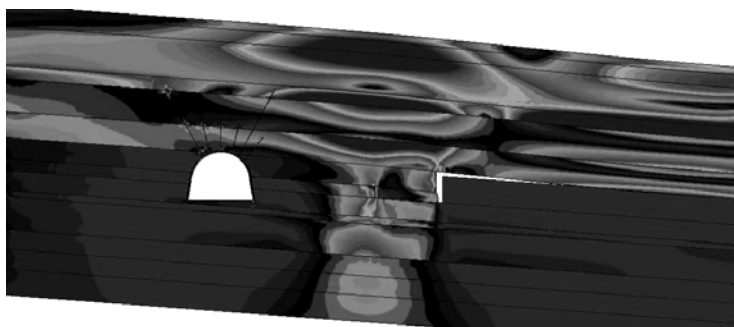
**Влияние зон повышенного горного давления на трещиноватость горного массива при выходе лавы в демонтажный штрек.** Для определения этого влияния рассмотрим две эпюры приведенных напряжений по Мизесу: плоскость очистного забоя находится на расстоянии 10 м от демонтажного штрека (рис. 4, а) и при выходе забоя в штрек (см. рис 4, б).

В первом случае (см. рис. 4, а), зоны концентрации напряжений имеют локализованный характер. Легко определяются уступы будущего обрушения породных слоев кровли за очистным забоем. При этом максимальные значения интенсивности напряжений наблюдаются во всей модели по плоскости очистного забоя. Хотя влияние забоя на деформирование контура демонтажного штрека уже просматривается, на это указывает всплеск напряжений на конце левого канатного анкера, оно не является доминантным в боках выработки и даже не приводит к значительным нагрузкам сталеполлимерных анкеров и собственно рамы.

В этих условиях, исходя из общих положений теории разрушения, описывающих процесс образования и роста трещин, можно выделить две отдельно стоящих зоны ослабления прочностных характеристик горного массива.



а)



б)

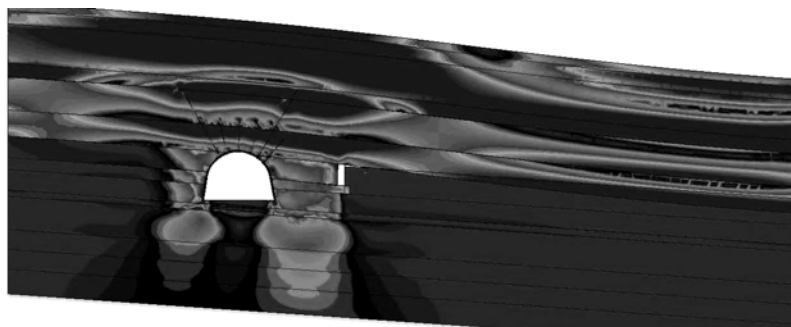


Рисунок 4 - Эпюра интенсивности напряжений по Мизесу при положении очистного забоя: а) 10м до демонтажного штрека; б) при выходе очистного забоя в штрек

Первая - в породах кровли очистного забоя на некотором расстоянии от границы обрушения непосредственной кровли. В этой зоне, исходя из характера картины напряжений, будут образовываться магистральные трещины, приводящие к блочному обрушению кровли. Вторая зона примыкает непосредственно к плоскости очистного забоя и характеризуется интенсивным, относительно мелким, трещинообразованием. Следовательно, природа разрушения в этих зонах различна, а значит, различаются размеры конечных деформаций.

Во втором случае (см. рис. 4, б), крепь демонтажного штрека и очистного забоя уже работают в общей грузонесущей системе. Для этой системы характерно образования свода повышенной интенсивности напряжений, в пределах которого возможно как массовое трещинообразование, так и локализация магистральной трещины. Выбор того или иного сценария должен происходить исходя из изменения картины распределения напряжений при подходе очистного забоя. Легко видно, что оптимальным направлением развития магистральной трещины является плоскость от верхнего угла консоли непосредственной кровли очистного забоя до конца правого канатного анкера. Чтобы разгрузить данное направление необходимо спровоцировать обрушение блоков породных слоев над выработанным пространством.

Для поиска координат местоположения плоскости очистного забоя, в котором следует спровоцировать обрушение, применим подход последовательного наложения суммарных приведенных значений интенсивности напряжений по Мизесу. Для этого сформируем два графика указывающих на горизонтальную координату плоскости с максимальной величиной интенсивности напряжений.

В каждом выбранном вертикальном сечении производится суммирование напряжений вычисленных в определенных точках расчетной модели. Затем, полученные результаты соотносятся с максимальным значением, вычисленным в одном из выбранных сечений. Такой алгоритм реализуется в рамках каждого из проведенных расчетов.

На рис. 5 приведены два графика, представляющих собой два крайних состояния системы. При этом с движением очистного забоя система переходит из состояния (б) в состояние (а) выполаживанием кривых и перемещением максимальных значений к левой границе графика. Построение функции перехода, основанной на приведенных допущениях позволило определить сечение оптимального обрушения породных слоев на расстоянии 7,4 м от вертикальной оси симметрии демонтажного штрека.

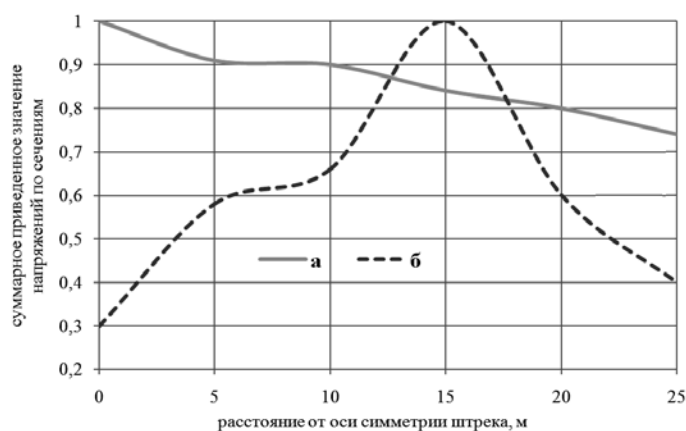


Рисунок 5 - Графики распределения интенсивности напряжений по вертикали в расчетной модели для случаев: а) 10м до демонтажного штрека; б) при выходе очистного забоя в штрек.

Такой подход легко реализуется программно и может быть с успехом применен при проведении инженерных расчетов по обоснованию параметров поддержания выработок, находящихся в зоне взаимного влияния.

**Выводы.** Полученные результаты анализа вычислительного эксперимента, проведенного для условий шахт Западного Донбасса показали возможность эффективного использования для принятия технических решений параметров зон концентрации напряжений в условиях взаимного влияния подготовительной выработки и очистного забоя. Картина трещинообразования и активного роста магистральных трещин хорошо согласуется с зонами роста интенсивности напряжений по Мизесу, и, следовательно, может быть компилятивно использована при определении параметров поддержания демонтажного штрека при подходе к нему очистного забоя.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Методика прогноза перемещений контура крепи выемочной выработки, расположенной в слоистом массиве слабых пород / В.И.Бондаренко, И.А.Ковалевская, Г.А. Симанович, [и др.]. Брошюра. – Днепропетровск: РИК НГУ, 2008. – 49 с.

2. Геомеханика нагружения крепи очистных и подготовительных выработок в слоистом массиве слабых пород / В.И. Бондаренко, И.А. Ковалевская, Г.А. Симанович, В.Г. Черватюк. В монографии. – Днепропетровск: ЛізуновПрес, 2012. – 340 с.

3. Фомичёв, В.В. Анализ достоверности получаемых результатов вычислительных экспериментов при прогнозе перемещений контура подготовительных выработок / В. В. Фомичёв, А.И. Скитенко // Збірник наукових праць / НГУ. – Днепропетровск, ДВНЗ «НГУ», 2012. – Вып. № 37. – С. 30-39.

4. Ткачев, В.А. Обеспечение устойчивости подготовительных выработок в сложных горно-геологических условиях / В.А. Ткачев, А.Ю. Компанейцев // Перспективы развития Восточного Донбасса: сб. науч. тр. Часть 1. – Новочеркасск: УПЦ «Набла», 2008. – С. 145-151.

5. Обоснование и исследование пространственной геомеханической модели сдвижения вокруг пластовой выработки тонкослоистого массива слабых пород / В.И. Бондаренко, И.А. Ковалевская, Г.А. Симанович, В.В. Фомичёв // Вісті Донецького гірничого інституту, 2009. – №1. – С.183-190

6. Зацепин, М.А. Прогноз напряженно-деформированного состояния пологозалегающего массива горных пород на основе численных методов. / М.А. Зацепин // – В сб.: «Проблемы недропользования 2008»: Материалы II Всероссийской молодежной научно-практической конференции по проблемам недропользования, УРО РАН. – Екатеринбург, 2008. – С. 373-378

7. Господариков, А.П. Численное моделирование на основе метода конечных разностей некоторых прикладных задач геомеханики/ А.П. Господариков, М.А. Зацепин, А.В. Мелешко //Записки Горного института - Т. 182. – СПб, 2009. – С. 238-240

#### REFERENCES

1. Bondarenko, V.I., Kovalevskaya, I.A., Simanovich, G.A. and Fomichov, V.V. (2008), *Metodika prognoza peremeshchenii kontura крепи v yemochnoi vyrabotki, raspolozhennoi v sloistom massive slabyykh porod* [Methods of the forecast displacements contour support of the excavation drift located in the layered soft rock massif], Brochure, RIK NGU, Dnepropetrovsk, Ukraine .

2. Bondarenko, V.I., Kovalevskaya, I.A., Simanovich, G.A. and Chervatyuk, V.G. (2012), *Geomekhanika nagruzheniya крепи ochistnykh i podgotovitelnykh vyrabotok v sloistom massive slabyykh porod* [Geomechanics weighting roof support stope and development drift in the layered massif of soft rock] / In the monograph, Lizunov Pres, Dnepropetrovsk, Ukraine.

3. Fomichov, V.V. and Skitenko A.I. (2012), “Analysis of the credibility of the results of computational experiments at the forecast displacement contour development gallery”, *Zbirnyk naukovykh prats NGU*, no.37, pp. 30-39.

4. Tkachev, V.A. and Kompaneitsev, A.Yu. (2008), “Ensuring the sustainability of development workings in complex mining and geological conditions”, *Perspektivy razvitiya Vostochnogo Donbassa: sb. nauch. tr.*, vol. 1. pp.145-151.

5. Bondarenko, V.I., Kovalevskaya, I.A., Simanovich, G.A. and Fomichov, V.V. (2009), “Rationale and research the spatial of the geomechanical model displacement around the in-seam working thin-layer massif of soft rock”, *Visti Donets'kogo girnychogo instytutu*, no. 1, pp.183-190.

6. Zatsepin, M.A. (2008), “Prediction of stress-strain state of flat-lying rock mass on the basis of numerical methods”, *Problemy nedropolzovaniya 2008, II Vserossiiskaya molodezhnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya po problemam nedropo'zovaniya* [II All-Russian Youth Scientific and practical conference on problems of subsoil use], Ekaterinburg, Russia, pp. 373-378.

7. Gospodarikov, A.P., Zatsepin, M.A. and Meleshko, A.V. (2009), “Numerical simulations based on the finite difference method of some applied tasks of geomechanics”, *Zapiski Gornogo instituta*, vol. 182, pp. 238-240.

#### Об авторах

**Симанович Геннадий Анатольевич**, доктор технических наук, профессор кафедры подземной разработки месторождений, Государственное высшее учебное заведение «Национальный горный университет» Министерства образования и науки Украины (НГУ), Днепропетровск, Украина,

**Фомичев Вадим Владимирович**, кандидат технических наук, доцент кафедры подземной разработки месторождений, Государственное высшее учебное заведение «Национальный горный университет» Министерства образования и науки Украины (НГУ), Днепропетровск, Украина, [fomichov@inbox.ru](mailto:fomichov@inbox.ru)

**Соцков Вадим Александрович**, аспирант кафедры подземной разработки месторождений, Государственное высшее учебное заведение «Национальный горный университет» Министерства образования и науки Украины (НГУ), Днепропетровск, Украина, [vadimsockov@gmail.com](mailto:vadimsockov@gmail.com)

### About the authors

**Simanovich Gennagiy Anatolievich**, Doctor of Technical Sciences (D.Sc.), Professor of the department of Underground mining, State higher educational establishment «National mining university» (SHEE «NMU») of Ministry of Education and Science of Ukraine (NMU), Dnepropetrovsk, Ukraine,

**Fomichov Vadim Vladimirovich**, Candidate of Technical Sciences (Ph. D), Associate Professor of the department of Underground mining, State higher educational establishment «National mining university» (SHEE «NMU») of Ministry of Education and Science of Ukraine (NMU), Dnepropetrovsk, Ukraine, [fomichov@inbox.ru](mailto:fomichov@inbox.ru)

**Sotskov Vadim Aleksandrovich**, Doctoral Student of the department of Underground mining, State higher educational establishment «National mining university» (SHEE «NMU») of Ministry of Education and Science of Ukraine (NMU), Dnepropetrovsk, Ukraine, [vadimsockov@gmail.com](mailto:vadimsockov@gmail.com)

---

**Анотація.** Під час обчислювального експерименту виконано розрахунок напружено-деформованого стану (НДС) масиву гірських порід навколо лави при покроковому наближенні вибою до демонтажного штреку. Виявлені особливості НДС прилеглої масиву дозволяють обґрунтовано підходити до вибору схем підтримки підготовчої виробки з урахуванням впливу лави, що наближається. Побудова функції переходу, основаної на сформованих припущеннях, дозволила визначити координати оптимального обвалення породних шарів. Отримані результати аналізу обчислювального експерименту, проведеного для умов шахт Західного Донбасу, показали можливість ефективного використання для обґрунтування технічних рішень параметрів зон концентрації напружень в умовах взаємного впливу підготовчої виробки і очисного вибою.

**Ключові слова:** обчислювальний експеримент, очисні роботи, демонтажний штрек

**Abstract.** In process of a computing experiment a stress-strain state of the rock massif around the longwall was calculated at face stepwise approaching to the dismantling drift. The detected specificity of the stress-strain state in the nearby massif allows to choose proper schemes for channel supporting with taking into account impact of the approaching longwall. A constructed function of transition based on the established assumptions allowed to determine coordinates for optimal failure of the rock layers. Analytical findings of this computing experiment conducted for the conditions of the Western Donbass mines showed a possibility of their effective use for making technical decisions concerning parameters of the stress concentration zones in conditions of interdependences between preparatory roadway and face.

**Keywords:** computing experiment, coal-face work, dismantling drift

*Стаття поступила в редакцію 28.10.2013*

*Рекомендована к печати д-ром техн. наук В.Г. Шевченко*

УДК 622.831.3

**И.В. Антипов**, д-р техн. наук, профессор,  
**Н.И. Лобков**, д-р техн. наук, доцент,  
**Е.Д. Стаднюк**, аспирант  
**И.В. Жуковцов**, аспирант  
(ИФГП НАН Украины)

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ШАГА ОБРУШЕНИЯ ПОРОДНОГО СЛОЯ НАД ВЫРАБОТАННЫМ ПРОСТРАНСТВОМ ЛАВЫ**

**I.V. Antypov**, д-р техн. наук, професор,  
**M.I. Lobkov**, д-р техн. наук, доцент,  
**K.D. Stadniuk**, аспірант  
**I.V. Zhukovtsov**, аспірант  
(ІФГП НАН України)

## **ВИЗНАЧЕННЯ КРОКУ ОБВАЛЕННЯ ПОРОДНОГО ШАРУ НАД ВИРОБЛЕНИМ ПРОСТОРОМ ЛАВИ**

**I.V. Antypov**, D. Sc. (Tech.), Professor,  
**N.I. Lobkov**, D. Sc. (Tech.), Associate Professor,  
**Ye.D. Stadniuk**, Doctoral Student,  
**I.V. Zhukovtsov**, Doctoral Student  
(IFGP NAS of Ukraine)

## **DETERMINATION OF THE ROCK FAILURE STEPS OVER A GOAF IN THE LONGWALL**

**Аннотация.** В статье приведены актуальные исследования сдвижения горных пород над выработанным пространством, показана роль слоистой структуры горного массива. На основе проведенных исследований сдвижения породных слоев в выработанном пространстве разработан расчетный метод прогноза обрушения пород во время первичной и вторичных посадок основной кровли. Установлено, что распространение трещины в изгибающихся породных слоях с учетом эффективной поверхностной энергии (трещиностойкости), как постоянной материала породы в слое, позволяют рассчитывать предельные пролеты породных слоев перед обрушением. Полученные выражения для определения первичного и последующих обрушений породных слоев позволяют прогнозировать шаг посадки основной кровли в лаве по данным геологоразведки на стадии проектирования очистных работ.

**Ключевые слова:** боковые породы, посадка кровли, очистной забой, лава, призабойное пространство, вмещающий массив.

В периоды первичной и вторичных посадок обрушение пород кровли в выемочном поле лав часто приводит к аварийной ситуации на добычном участке. Так, при залегании слабых пород в кровле пласта крепостью  $f \leq 5$  по шкале Протодьяконова (глинистые сланцы, песчаные сланцы), происходит разрушение пород кровли пласта в зоне опорного давления на мелкие фракции.