

С.В. Риб, В.Н. Фрянов, А.В. Володина

Сибирский государственный индустриальный университет

ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ УГОЛЬНОГО ЦЕЛИКА ПРИ ПЕРЕМОНТАЖЕ МЕХАНИЗИРОВАННОГО КОМПЛЕКСА В ЗОНЕ РАЗРЫВНОГО НАРУШЕНИЯ

Анализ особенностей горно-геологических условий Кузбасса показывает, что один из факторов, снижающих уровень безопасности работы длинных комплексно-механизированных очистных забоев, – геологические разрывные нарушения залегания пластов угля и горных пород в пределах выемочного поля. В случае технологической нецелесообразности перехода механизированным комплексом разрывного нарушения (амплитуда разрывного нарушения больше мощности пласта) производят перемонтаж очистного комплекса из демонтажной камеры в новую монтажную камеру с формированием угольных целиков между камерами.

Границы зон влияния разрывных нарушений устанавливаются геологами на основе наблюдений и измерений, проводимых в горных выработках в соответствии с нормативными требованиями [1]. По мере приближения к нарушению забоев выработок увеличиваются количество систем и интенсивность трещиноватости. Одновременно снижается прочность вмещающих пород и угля. Сопутствующими негативными факторами являются повышенная обводненность и газообильность зоны влияния геологического нарушения.

На стадии разведки угольного месторождения, перед вводом его в эксплуатацию, разрывные нарушения фиксируются и оцениваются, а на этапе проектирования наносятся на план горных выработок. Затем принимаются технологические решения по планировке шахтного поля. При этом выемочные столбы располагают так, чтобы как можно меньше нарушений попадало в пределы выемочного участка [2]. Границы выемочных столбов могут формироваться ступенчато, с изменяющейся длиной очистного забоя, чтобы обойти нарушение с целью минимизации простоев очистных забоев и сокращения потерь угля. Во время отработки запасов проводятся дополнительные работы по наращиванию или сокращению длины механизированного комплекса.

Нередко на практике имеют место случаи, когда разрывное нарушение встречается только в процессе ведения очистных работ (непрогнозируемые нарушения), что затрудняет в полной мере использовать запланированные ранее технологические решения.

Постоянно совершенствующиеся методы прогнозирования пространственного положения геологического нарушения впереди движущегося забоя позволяют повысить оперативность принимаемых решений по обеспечению выхода предприятий на режим устойчивого функционирования. Для этого может быть использован метод прогноза, основанный на регистрации и обработке искусственного акустического сигнала. При этом не только своевременно выявляются геологические нарушения, но и оценивается степень их опасности по газодинамическим явлениям при ведении горных работ [3].

Предлагаемый в работе [4] комплекс программ позволяет выбрать технологическое решение по переходу очистного комплекса через геологическое нарушение не только на стадии проектирования, но также и во время внезапной встречи очистным комплексом непрогнозируемого геологического нарушения.

Согласно нормативным документам и производственному опыту отработка запасов в зоне разрывного нарушения может осуществляться в следующих режимах [5]:

- переход разрывного нарушения очистным механизированным комплексом;
- перемонтаж очистного оборудования в новую монтажную камеру.

Достоинства и недостатки этих режимов показаны в таблице.

Необходимо отметить, что при обосновании режима отработки запасов угля в зоне разрывного нарушения следует разрабатывать и оценивать все возможные варианты технологических схем, а также учитывать негативные стороны каждого варианта.

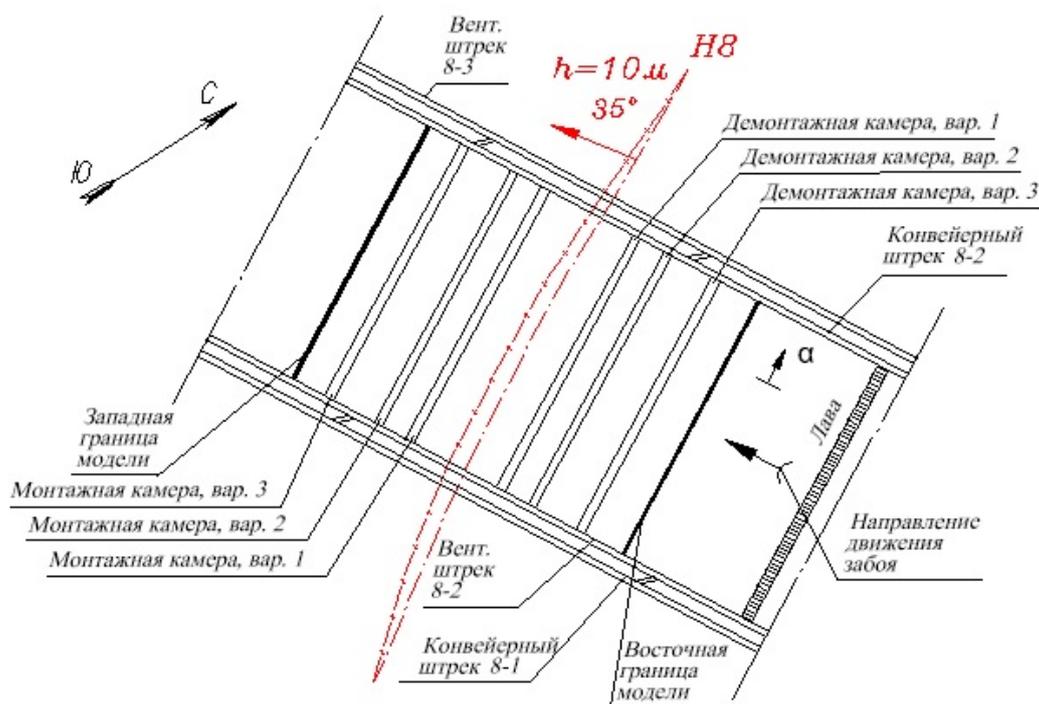


Рис. 1. Схема формирования целиков в окрестности геологического нарушения (угольная шахта, Кузбасс), мощность пласта 3,25 м

Цель настоящей работы – оценка напряженно-деформированного состояния (НДС) неоднородного угольного целика при ремонте механизированного комплекса в зоне разрывного нарушения для выбора оптимального варианта.

В процессе работы необходимо было решить следующие задачи:

- разработать расчетную схему для численного моделирования;
- провести численное моделирование геомеханических процессов в окрестности разрывного нарушения при разной ширине угольных целиков;
- обосновать по результатам численного моделирования напряженно-деформированное состояние неоднородного угольного целика минимальной ширины, обеспечивающего безопасный ремонт механизированного комплекса.

Для оценки геомеханического состояния углепородного массива, включающего очистное выработанное пространство до подхода очистного забоя к дизъюнктивному нарушению и отхода его от новой монтажной камеры, разработаны геометрические модели. Поставленную задачу решали по результатам численного моделирования в двумерной постановке.

Вычислительные эксперименты проводили согласно методике [6], основой которой является метод конечных элементов (МКЭ). Экс-

перименты реализованы в комплексе программ, разработанных специалистами кафедры геотехнологии СибГИУ [7 – 9]. Использование МКЭ позволяет учесть многообразие влияющих факторов и отобразить в модели структурные особенности массива горных пород, а также дезинтеграцию породного массива в зоне дизъюнктива.

В качестве объекта исследований приняты горно-геологические условия одной из угольных шахт Кузбасса (рис. 1). Отработка выемочного столба 8-2 намечена комплексно-механизированным очистным забоем (КМЗ) при движении его в западном направлении. Дизъюнктивное нарушение Н8 является непереходимым для КМЗ. Поэтому принято решение провести демонтаж механизированного комплекса. Рассмотрено (рис. 1) три варианта расположения демонтажной и монтажной камер на расстоянии от плоскости сместителя 20 м (вариант 1), 40 м (вариант 2) и 70 м (вариант 3). Таким образом, рассмотрены варианты с общей шириной неоднородного угольного целика b_c 40, 80 и 140 м соответственно. Физико-механические свойства вмещающих пород и угля выбраны в соответствии с данными справочного материала [10].

Принято: размер геометрической модели по простиранию пласта (по оси выемочного столба) в сечении I-I – 600 м, высота модели 850 м,

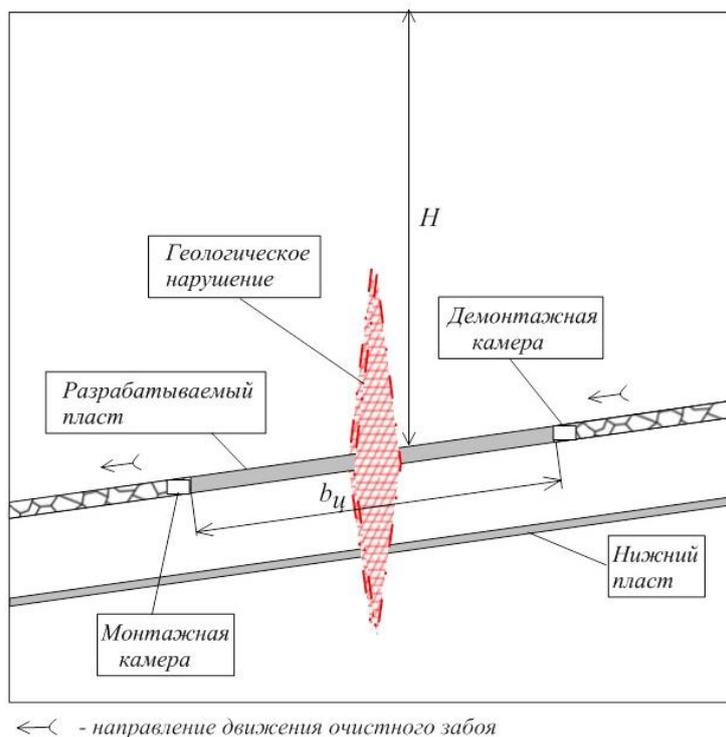


Рис. 2. Расчетная схема задачи

глубина разработки отрабатываемого пласта 700 м; количество породных слоев и угольных пластов 100, количество вертикальных линий дискретизации модели 200. На рис. 2 представлена расчетная схема задачи.

Изучали распределение параметров НДС в неоднородном угольном целике, формируемом при перемонтаже механизированного комплекса из демонтажной камеры в новую монтажную камеру по другую сторону от разрывного нарушения (рис. 1). Направление движения очистного забоя – по падению пласта. Для выявления закономерностей распределения

параметров НДС для всех вариантов расположения демонтажных и монтажных камер проведено численное моделирование и построены соответствующие графики.

Учитывая множество вариантов расположения камер и сочетаний положения линии КМЗ относительно дизъюнктива для обсуждения предлагаются конечные результаты распределения параметров НДС с оценкой устойчивости угольного целика между демонтажной и монтажной камерами в каждом варианте.

На рис. 3 приведен фрагмент распределения вертикальных напряжений при ширине целика

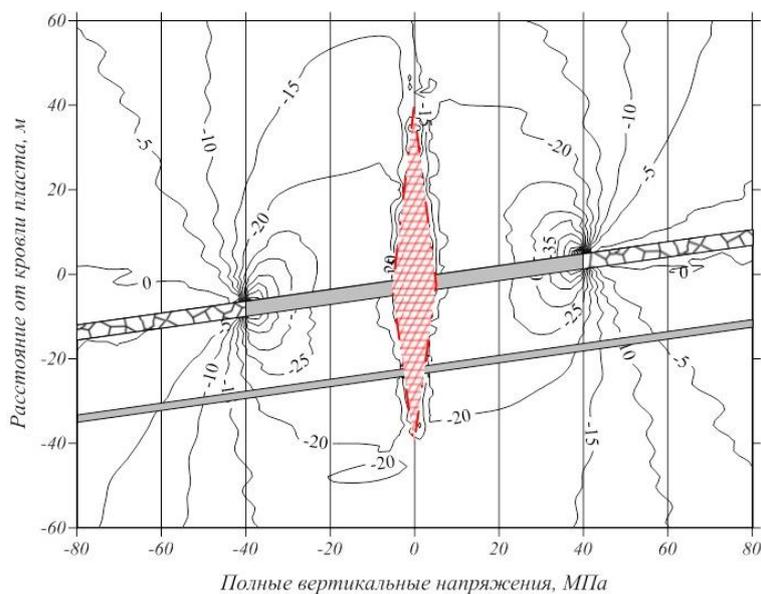


Рис. 3. Распределение изолиний вертикальных напряжений (МПа) в окрестности угольного целика шириной 80 м

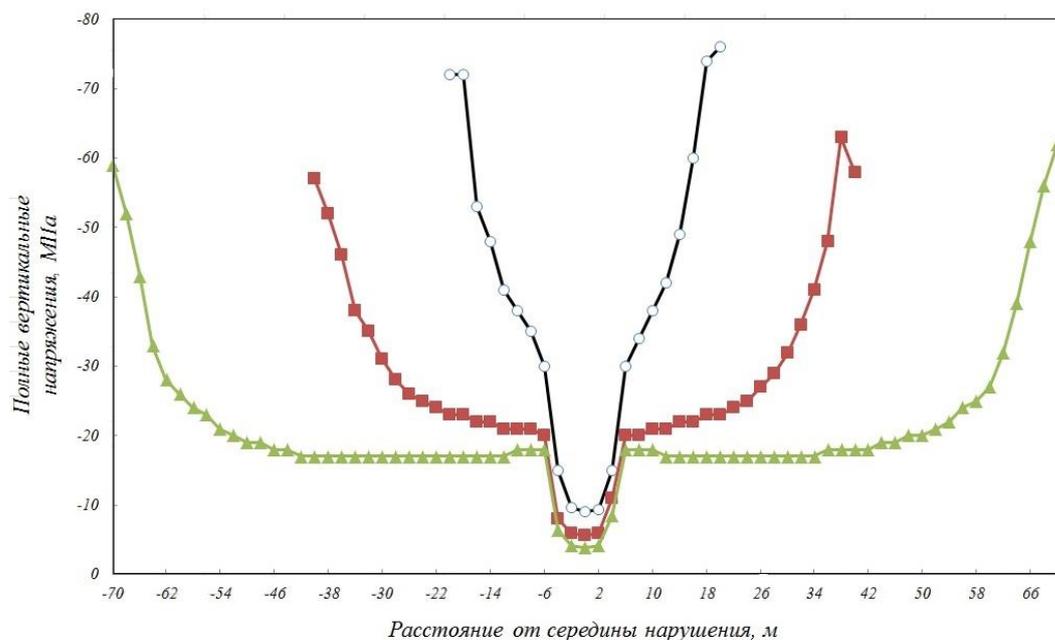


Рис. 4. Распределение вертикальных напряжений в угольном целике включающем дизъюнктивное нарушение, при ширине целика, 40 м (1), 80 м (2) и 140 м (3)

80 м на вертикальном разрезе по линии I-I рис. 1. В окрестности КМЗ формируются зоны опорного горного давления с коэффициентом концентрации $2\gamma H$ (где γ – плотность (объемный вес) пород; H – глубина разработки). При вертикальных напряжениях 20 МПа свод давления пород над целиком замыкается с разрывом в зоне дизъюнктива. На рис. 4 показаны графики распределения вертикальных напряжений в угольном целике, включающем дизъюнктивное нарушение, при ширине целика 40, 80 и 140 м,.

Прочность угля при сжатии принята 10 МПа. С уменьшением ширины угольного целика вертикальные напряжения возрастают, а уголь в краевых участках целика будет разрушен. Вследствие влияния дизъюнктива целик делится на два почти симметричных участка, в пределах которых возможно возникновение концентраторов упругой энергии деформирования и разрушения в форме горного удара или внезапного выброса.

На рис. 5 показаны графики распределения горизонтальных смещений в угольном целике,

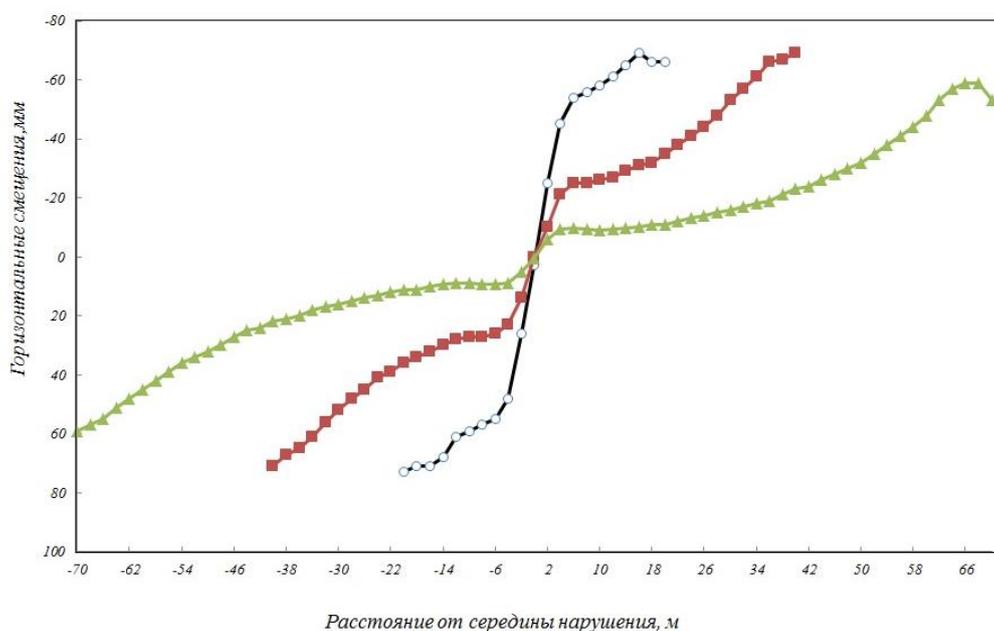


Рис. 5. Распределение горизонтальных смещений в угольном целике, включающем дизъюнктивное нарушение, при ширине целика 40 м (1), 80 м (2) и 140 м (3)

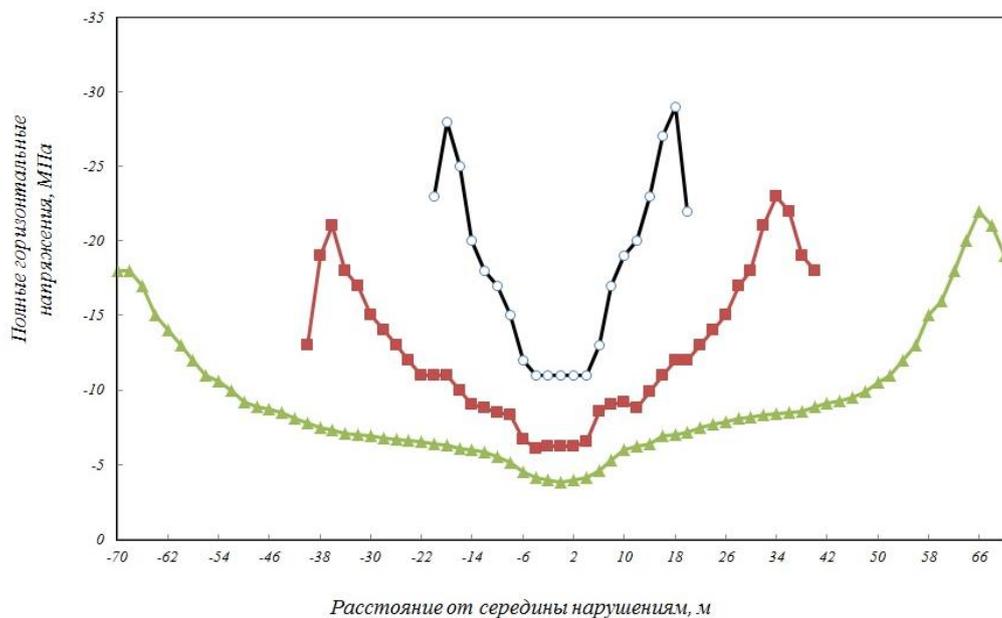


Рис. 6. Распределение горизонтальных напряжений в угольном целике, включающем дизъюнктивное нарушение при ширине целика, 40 м (1), 80 м (2) и 140 м (3)

включающем дизъюнктивное нарушение, при ширине целика 40, 80 и 140 м. При увеличении ширины целика интенсивность смещений краевых частей целика уменьшается.

Как следует из приведенных графиков, горизонтальные смещения направлены в сторону дизъюнктива, то есть уголь в целике будет сжат дополнительными горизонтальными смещениями, что приведет к уменьшению его проницаемости, повышению давления метана и вероятному его прорыву в оконтуривающие выработки.

На рис. 6 показано распределение горизонтальных напряжений в угольном целике, включающем дизъюнктивное нарушение, при ширине целика 40, 80 и 140 м.

С увеличением ширины целика коэффициент концентрации вертикальных напряжений уменьшается, что снижает вероятность возникновения газодинамических явлений.

При ширине целика 40 м есть вероятность, что он разрушится, а вследствие уплотнения пород в нем может произойти выдавливание метана в выработки соседних выемочных участков.

На выемочном участке формируются потенциально пожароопасные зоны, которые расположены на вентиляционном и транспортном штреках в местах, где они пересекают разрывные геологические нарушения пласта. Краевая часть угольного целика в месте нахождения разрывного нарушения пласта подвергается воздействию сил опорного горного давления. В этом месте материал угольного целика находится в перемятом, дезинте-

грированном состоянии, из-за чего увеличивается интенсивность выдавливания угля.

Выводы. Разработанная расчетная схема для численного моделирования позволяет учесть этапы формирования неоднородного угольного целика при перемонтаже механизированного комплекса в зоне разрывного нарушения. В результате моделирования трех вариантов размеров целиков получены изолинии распределения напряжений и смещений в зоне влияния разрывного нарушения. Исследования показали, что наиболее напряженные и опасные по динамическим явлениям участки – подход и отход от геологического нарушения, так как оставляемый неоднородный целик попадает в зону опорного давления. При ширине целика 40 м вследствие уплотнения пород в нем может произойти выдавливание метана в выработки соседних выемочных участков. Рекомендуется при ведении очистных работ в окрестности непереходимого дизъюнктивного нарушения при глубине 700 м ширину целика принимать 40 – 60 м, что обеспечит безопасный перемонтаж механизированного комплекса.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Геологическое обеспечение работ по добыче угля: Сборник нормативных документов. – М.: Изд-во «Горное дело» ООО «Киммерийский центр», 2011. – 432 с.
2. Никифоров А.В. Влияние геологических нарушений на планирование горных работ при подземной разработке пологих уголь-

- ных пластов // ГИАБ. 2014. № 1. С. 402 – 405.
3. Смирнов О.В., Кулик А.И., Лапин Е.А. Прогноз геологических нарушений по параметрам акустического сигнала // Уголь. 2015. № 11. С. 76 – 79.
 4. Кузнецов Ю.Н., Киселев А.М. К вопросу автоматизированного проектирования технологических схем перехода геологических нарушений в границах выемочных участков // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2012. № 10. С. 341 – 347.
 5. Проскуряков Н.М. Управление состоянием массива горных пород. – М.: Недра, 1991. – 368 с.
 6. Риб С.В., Басов В.В. Методика численного исследования напряженно-деформированного состояния неоднородных угольных целиков с применением современных компьютерных технологий // Вестник СибГИУ. 2015. № 4. С. 22 – 26.
 7. Борзых Д.М., Риб С.В., Фрянов В.Н. Свидетельство о регистрации электронного ресурса. "Комплекс программ для прогноза геомеханических и технологических параметров подземных горных выработок и неоднородных угольных целиков с тестированием численной модели по результатам точечного мониторинга" // Объединенный фонд электронных ресурсов "Наука и образование". 2014. № 20629. Дата регистрации 09.12.2014.
 8. Риб С.В., Волошин В.А., Фрянов В.Н., Максимов А.А., Борзых Д.М., Никитина А.М. Численное моделирование методом конечных элементов напряженно-деформированного состояния углепородного массива при переходе очистным забоем передовой выработки // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2015. № 3. С. 414 – 422.
 9. Риб С.В. Закономерности распределения напряжений в неоднородных угольных целиках. – В кн.: Нетрадиционные и интенсивные технологии разработки месторождений полезных ископаемых: сб. науч. ст. – Новокузнецк: изд. СибГИУ, 2008. С. 148 – 153.
 10. Штумпф Г.Г., Рьжков Ю.А., Шаламанов В.А. Физико-технические свойства горных пород и углей Кузнецкого бассейна. – М.: Недра, 1994. – 447 с.

© 2018 г. С.В. Риб, В.Н. Фрянов,
А.В. Володина
Поступила 15 февраля 2018 г.