

С.В. Риб, А.М. Никитина, Д.М. Борзых

Сибирский государственный индустриальный университет

ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ АНКЕРНОГО КРЕПЛЕНИЯ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК, ПРОВОДИМЫХ ПО ПЕРВОМУ СЛОЮ ПЛАСТА III В УСЛОВИЯХ ДИЗЬЮНКТИВНЫХ И ПЛИКАТИВНЫХ НАРУШЕНИЙ С ДРОБЛЕННЫМИ И ОБВОДНЕННЫМИ ПОРОДАМИ В УСЛОВИЯХ ОАО «ШАХТА «СИБИРГИНСКАЯ»

Статистика применения анкерной крепи показывает, что основной проблемой в безопасном поддержании горных выработок, находящихся под влиянием горно-геологических нарушений, является низкий уровень исследований, направленных на установление закономерностей изменения геомеханических параметров в неоднородном углепородном массиве до и после крепления горных выработок анкерной крепью.

В этой связи необходимо изучить влияние основных природных и техногенных процессов на проявления горного давления в зонах геологических нарушений с учетом изменения параметров анкерной крепи в горной выработке.

В качестве объекта исследований рассматриваются закономерности распределения напряжений в породах кровли горной выработки.

Для установления закономерностей изменения геомеханических параметров пород в неоднородном углепородном массиве проведено математическое моделирование численным методом конечных элементов [1]. Этот метод реализовали с помощью программного обеспечения, адаптированного для решения поставленных задач. Адаптированный к задачам настоящей работы пакет программ FRMKERIB предназначен для моделирования процессов изменения смещений, напряжений и деформаций под влиянием природных полей напряжений и горных выработок в углепородном массиве. Авторские компьютерные программы выполнены на языке Фортран 90 в среде программирования Microsoft Developer Studio.

Алгоритм расчета параметров напряженно-деформированного состояния (НДС) углепородного массива разработан на основе дифференциальных уравнений механики сплошной среды. Для расчета параметров НДС используется двумерная геометрическая модель размером 1000 м по горизонтальной оси OX и 450 м по вертикальной оси OY . Модель включает

угольные и породные слои различной мощности. Количество слоев в модели 100, а их мощность меняется от 0,05 до 100 м. Количество вертикальных линий на геометрической модели принимается 200 с расстоянием между ними от 0,01 до 100 м. Слои значительной мощности делятся на подслои для повышения точности расчета параметров НДС.

Геометрическая модель разделяется на множество конечных элементов (треугольников); глобальная нумерация треугольников последовательная от низа модели вправо - вверх. Глобальная нумерация узловых точек треугольника осуществляется против часовой стрелки. Вес пород в пределах каждого треугольника распределяется поровну на три вершины.

Для численного эксперимента использовались горно-геологические условия пласта III – сложного строения, общей мощностью 8,81 – 9,89 м (средняя 9,14 м). Марка угля ОС. Угол падения пласта 3 – 10°, коэффициент крепости изменяется от 0,2 до 1,4. В ходе работ были выявлены многочисленные мелкоамплитудные нарушения. Амплитуда нарушений не имеет четких границ и изменяется в среднем от 0,2 до 5,0 м. Преобладающее простирание плоскости сместителя СВ – ЮЗ. Нарушения с амплитудой 2 – 3 м часто трассируют субпараллельные нарушения с амплитудой 0,2 – 0,9 м. Основная кровля пласта представлена песчаником общей мощностью 17,5 м. Глубина расположения выработки по пласту III составляет 400 м; ширина горной выработки 6 м, высота 4 м.

Пакет программ FRMKERIB состоит из четырех программ и трех файлов исходных данных. Для каждого породного слоя или пласта ввод исходных данных по геологической скважине осуществляется из файла **Mkeckw.dat** с преобразованием в файл **Mke100.dat** с помощью программы **Mke2d101.for**, в котором затем корректировались исходные данные: форма и размеры гор-

ной выработки, параметры анкерной крепи (размеры скважины для стержня анкера, длина закрепления стержня химическим составом, диаметр стержня, количество анкеров) и др. Параметры анкерной крепи, принимаемые в модели [2], следующие: анкер сталеполимерный, диаметр стержня 20 мм, диаметр скважины 30 мм, длина химического закрепления 0,5 м, длина анкера 2,4 м. Схема расположения анкеров представлена на рис. 1 (расстояние между анкерами в ряду составляло 1,0 м).

За начало координат принята точка пересечения вертикальной оси выработки с кровлей обрабатываемого пласта. Автоматическая дискретизация массива производится в несколько этапов с выделением вначале четырехугольных зон по напластованиям с последующим делением на треугольники с помощью программы **Mke2d103.for**.

Для оценки качества дискретизации модели на конечные элементы в программе SURFER можно посмотреть результаты счета. На рис. 2 приведены фрагменты дискретизации модели на конечные элементы. В средней части модели размеры конечных элементов приняты с длиной стороны треугольника, равной 10 мм, поэтому на этих рисунках они не отобразились в масштабе. В программах расчета параметров НДС все конечные элементы, независимо от размеров, используются.

Вычисление напряжений, деформаций и смещений осуществляется в программе **Mke2d117.for**. В этой же программе задавалась растягивающая нагрузка на стержни анкеров и сжимающая на опорные шайбы.

Программа **Mke2dsur.for** содержит комплекс подпрограмм для расчета линейных и нелинейных полных вертикальных, горизонтальных и касательных напряжений, вертикальных и горизонтальных смещений, вертикальных и горизонтальных деформаций и др. с формированием файла выходных данных **m6.dat** для пакета

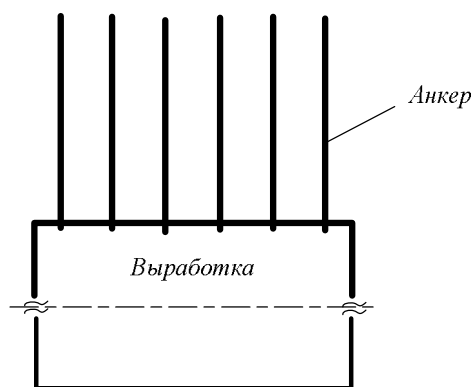


Рис. 1. Схема расположения анкеров в кровле по выработке

программ SURFER. В SURFER осуществляется обработка и визуализация результатов расчета.

Рассмотрены 5 вариантов модели:

- незакрепленная горная выработка, расположенная в кровле пласта;
- незакрепленная горная выработка, расположенная на расстоянии 1,8 м от кровли пласта;
- выработка, расположенная в кровле пласта (6 анкеров в кровле, длина анкера 2,4 м);
- выработка, расположенная на расстоянии 1,8 м от кровли пласта (6 анкеров в кровле, длина анкера 2,4 м);
- выработка, расположенная на расстоянии 1,8 м от кровли пласта (6 анкеров в кровле, длина анкера 3,5 м).

Выявлялись закономерности распределения вертикальных и горизонтальных напряжений в углеродном массиве. Исследовалось влияние анкеров в кровле горной выработки на характер распределения напряжений.

Для визуализации и обобщения результатов расчетов программно осуществлялся ввод из файлов координат точек и расчетных значений параметров, затем производилась их обработка с построением трехмерных карт в виде изолиний с помощью программы SURFER (рис. 3, а, б).

Учитывая множество расчетных вариантов, особенности моделей и большое количество получаемых по каждому конечному элементу напряжений, результаты были систематизированы в таблицы.

При сравнении расчетных параметров за базовые варианты приняты модели массива с горной выработкой без крепления (рис. 3, а).

По результатам математического моделирования численным методом конечных элементов установлены закономерности распределения напряжений в породах кровли горной выработки и разработаны следующие рекомендации.

1. Установленные анкеры приводят к формированию в кровле выработки несущей опорной плиты, в пределах которой вертикальные напряжения близки к нулю, а прочность пород почти не меняется. Однако выше упрочненной породной плиты формируется зона ослабленных пород, в пределах которой возможно обрушение с вывалом упрочненных пород и выше их, что подтверждается результатами проведенных ранее исследований [3].

2. Для безопасного поддержания горных выработок в работоспособном состоянии необходимо соблюдать следующие параметры крепления:

- в нормальных условиях, вне зон влияния горно-геологического нарушения, крепление осуществляется при помощи сталеполимерных

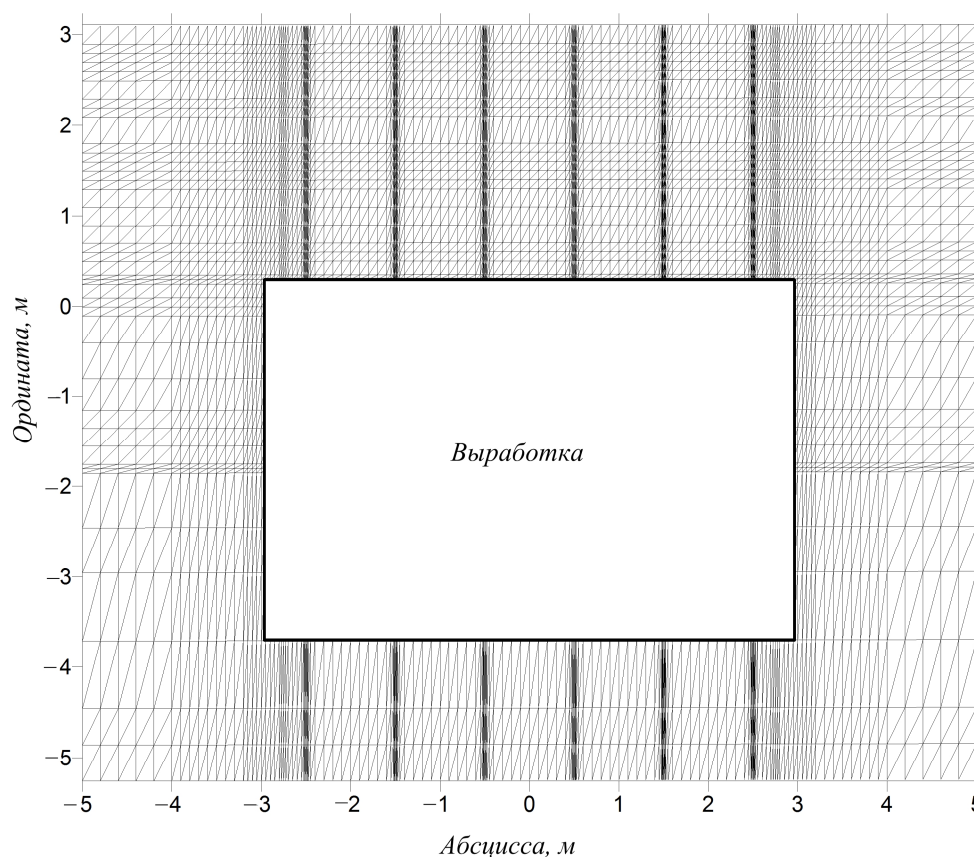


Рис. 2. Схема дискретизации фрагмента модели на конечные элементы (выработка расположена в верхнем слое пласта)

анкеров А20В длиной не менее 2,4 м с шагом крепления 1,2 м (согласно действующему паспорту крепления горных выработок [4]);

- в условиях влияния горно-геологического нарушения с амплитудой (разрыхленной породой в кровле) до 1,0 м крепление осуществляется при помощи сталеполимерных анкеров А20В длиной не менее 2,4 м с шагом крепления 1 м; в кровле устанавливаются 6 анкеров; в качестве опорного элемента допустимо применение подхватов металлических типа швеллер 8(10) или СВП; кровля и бока выработки перетягиваются решетчатой затяжкой типа ЗР;

- в условиях дизъюнктивных и пликтивных нарушений с амплитудой (разрыхленной породой в кровле) от 1,0 до 1,5 м крепление осуществляется при помощи сталеполимерных анкеров А20В длиной не менее 2,4 м с шагом крепления 1 м; в кровле устанавливаются 8 анкеров; в качестве опорного элемента допустимо применение подхватов металлических типа швеллер 8(10) или СВП; крайние анкера в кровле выработки возможно устанавливать под шайбы габаритным размером не менее 180×180×5 мм; кровля и бока выработки перетягиваются решетчатой затяжкой типа ЗР;

- в условиях дизъюнктивных и пликтивных нарушений с амплитудой (разрыхленной породой в кровле) от 1,5 до 2,0 м крепление осуществляется при помощи сталеполимерных

анкеров А20В длиной не менее 2,4 м с шагом крепления 0,8 м; в кровле устанавливаются 8 анкеров, в качестве опорного элемента допустимо применение подхватов металлических типа швеллер 8(10) или СВП; крайние анкера в кровле выработки возможно устанавливать под шайбы габаритным размером не менее 180×180×5 мм; кровля и бока выработки перетягиваются решетчатой затяжкой типа ЗР;

- в условиях дизъюнктивных и пликтивных нарушений с амплитудой (разрыхленной породой в кровле) от 2,0 до 2,5 м крепление осуществляется при помощи сталеполимерных анкеров А20В длиной не менее 3,0 м с шагом крепления 0,8 м; в кровле устанавливаются 8 анкеров; в качестве опорного элемента допустимо применение подхватов металлических типа швеллер 8(10) или СВП; крайние анкера в кровле выработки возможно устанавливать под шайбы габаритным размером не менее 180×180×5 мм; кровля и бока выработки перетягиваются решетчатой затяжкой типа ЗР;

- в условиях дизъюнктивных и пликтивных нарушений с амплитудой (разрыхленной породой в кровле) от 2,5 до 3,0 м крепление осуществляется при помощи сталеполимерных анкеров А20В длиной не менее 3,5 м с шагом крепления 1 м; в кровле устанавливаются 8 анкеров; в качестве опорного элемента допустимо применение подхватов металлических типа швел-

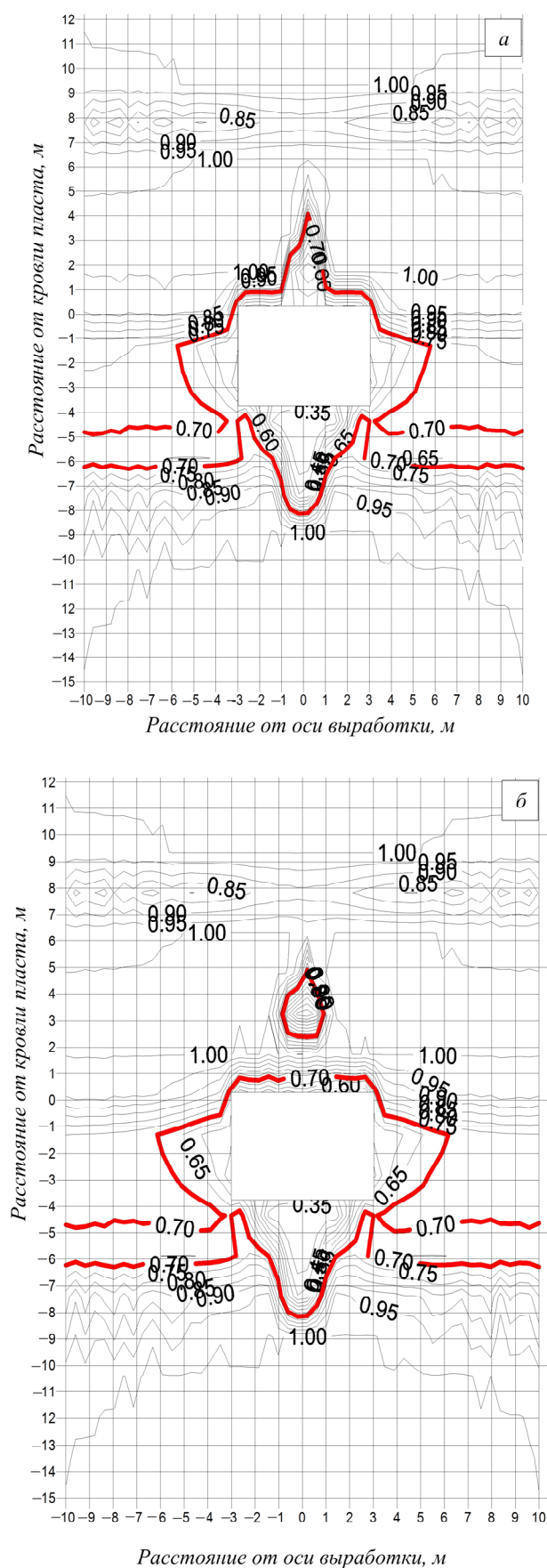


Рис. 3. Изолинии распределения отношения остаточной прочности горных пород к исходной в окрестности незакрепленной горной выработки (а) и закрепленной 6 анкерами длиной 2,4 м (б)

лер 8(10) или СВП; крайние анкера в кровле выработки возможно устанавливать под шайбы габаритным размером не менее $180 \times 180 \times 5$ мм; кровля и бока выработки перетягиваются решетчатой затяжкой типа ЗР;

– в условиях дизъюнктивных и пликативных нарушений с амплитудой (разрыхленной породой в кровле) более 3,0 м осуществлять крепление горных выработок при помощи анкерной крепи; без дополнительных мер усиления крепи и упрочнения приконтурного массива не допустимо.

Амплитуда и зона влияния горно-геологического нарушения определяются геологом шахты.

3. В случае, когда фактическая ширина горных выработок будет составлять 5,5 м, крепление кровли выработки возможно осуществлять на один анкер меньше в отличие от условий при ширине 6,0 м, с соблюдением всех параметров, указанных выше.

4. Во всех рассмотренных случаях горно-геологического нарушения крепление боков выработки необходимо осуществлять на анкера длиной не менее 1,8 м с шагом крепления 1 м. В качестве основной крепи боков допустимо применение стеклопластиковых анкеров типа АСВШ. Анкеры устанавливаются под опорные шайбы габаритным размером не менее $180 \times 180 \times 5$ мм или отрезки из СВП.

5. Закрепление анкерных стержней в шпуре следует осуществлять в кровле выработки на две ампулы длиной не менее 400 мм; в боках выработки – на одну ампулу длиной не менее 400 мм.

6. Для контроля за расслоениями пород кровли в горных выработках, проходящих через горно-геологическое нарушение, необходима установка индикаторов смещения кровли. Установку контрольного датчика смещения кровли следует выполнить на метр выше длины анкерных стержней.

7. Для постоянного контроля за смещениями заанкерванной толщи пород в зоне пересечения нарушений силами производственного участка, а также технической службой шахты должен осуществляться визуальный контроль за смещениями кровли выработки по индикаторам смещения, установленным в кровле выработки с анкерным креплением, с периодичностью не реже одного раза сутки в зоне влияния опорного давления и не реже одного раза в месяц вне зоны влияния опорного давления.

8. В случае проявления горного давления и фиксации смещений по индикаторам смещения кровли до 50 мм необходимо дополнительное усиление крепи и приконтурного массива. Дополнительное усиление возможно при

помощи упрочнения кровли и боков выработки, также возможно усиление крепи при помощи анкеров глубокого заложения.

9. Упрочнение приконтурного массива горной выработки возможно методом нагнетания композиционных и химических составов (смола).

10. Нагнетание состава необходимо осуществлять при помощи инъекционных скважин, пробуренных между анкерами основного крепления (анкерами А20В).

11. В качестве крепи усиления возможно применение анкеров глубокого заложения с несущей способностью одного анкера не менее 210 кН.

12. Параметры крепи усиления, химический состав смол, сетка упрочнения и глубина инъекционных шпуров выбираются службами шахты.

13. В целях увеличения эффективности обеспечения безопасности горных работ на участках с горно-геологическими нарушениями необходимо осуществлять мониторинг анкерной крепи путем испытаний закрепления анкерных стержней в шпуре.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Фадеев А.Б. Метод конечных элементов в геомеханике. – М.: Недра, 1987. – 221 с.

2. Ремезов А.В., Харитонов В.Г., Мазикин В.П. Анкерное крепление на шахтах Кузбасса и дальнейшее его развитие: учебное пособие. – Кемерово: Кузбассвуиздат, 2005. – 471 с.
3. Никитина А.М., Риб С.В., Борzych Д.М. К вопросу определения закономерностей распределения напряжений в породах кровли горной выработки, закрепленной по различным схемам анкерования // Научные технологии разработки и использования минеральных ресурсов. Труды Международной научно-практ. конф. – Новокузнецк: изд. СибГИУ, 2012. С. 80 – 84.
4. Правила безопасности в угольных шахтах (ПБ 05-618-03). Серия 05. – М.: ФГУП «Научно-технический центр по безопасности Госгортехнадзора России», 2004. – 296 с.
5. Методика шахтных испытаний отдельных положений «Инструкции по расчету и применению анкерной крепи на угольных шахтах Кузбасса – Первая редакция». – СПб.: ВНИМИ, 2010. – 12 с.

© 2013 г. С.В. Риб, А.М. Никитина,
Д.М. Борzych

Поступила 19 сентября 2013 г.

УДК 551.311.7

Я.М. Гутак¹, В.И. Крупчатников²

¹Сибирский государственный индустриальный университет

²ОАО «Горно-Алтайская экспедиция» (п. Малоенисейск, Алтайский край)

ВУЛКАНИЧЕСКИЕ ОБРАЗОВАНИЯ В РАЗРЕЗАХ ТУЕКТИНСКОЙ СВИТЫ (СРЕДНИЙ ДЕВОН) ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ ГОРНОГО АЛТАЯ

Туюктинская свита установлена в ходе проведения геолого-съемочных работ начала шестидесятых годов. По возрасту она отвечает верхней части живетского яруса среднего девона и содержит в себе кораллы и брахиоподы, в том числе такие, как *Euryspirifer cheehiel* (Kon.), *Spinocyrtia martianovi* (Stuck.) и др. Отложения свиты представлены, главным образом, темно-серыми и черными алевролитами и аргиллитами с редкими слоями песчаников и органогенных известняков. По этим характеристикам она близка к ташантинской свите Юстыдского прогиба. Вместе с тем, в разрезе свиты большим распространением пользуются

вулканические образования кислого состава (риолиты). Собственно, их появление здесь и послужило основой для выделения стратиграфического подразделения.

Наличие в разрезе туюктинской свиты тел риолитов не вызывает сомнения и не оспаривается, однако трактовка последних как вулканических потоков и покровов вызывает серьезные возражения. Обычно всегда и всюду подчеркивается, что кислая лава малоподвижна, насыщена летучими, что вулканические аппараты такого типа характеризуются взрывными извержениями. Несмотря на это, встречая в поле тело риолитов в осадочной толще,