

13. Ержанов Ж.С. Теория ползучести горных пород и ее приложение. – Алма-Ата: Наука, 1964. – 173 с.
14. Методика выбора рациональных параметров технологических схем очистной выемки пологих угольных пластов гидрошахт Кузбасса / В.Н. Фрянов, А.П. Колесников, А.Н. Златицкий и др. – Новокузнецк: изд. СибГИУ, 1988. – 139 с.
15. Инструкция по контролю состава рудничного воздуха, определению газообильности и установлению категорий шахт по метану и/или диоксиду углерода. Утверждена приказом № 704 Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору 06.12.2012.

© 2017 г. И.А. Поздеев

Поступила 1 февраля 2017 г.

УДК 622.831

А.А. Исаченко, А.А. Петров

ООО «Распадская угольная компания»

ОБОСНОВАНИЕ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ЧИСЛЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ КРЕПИ СБОЕК КАПИТАЛЬНЫХ ВЫРАБОТОК, ПРОЙДЕННЫХ В НЕОДНОРОДНОМ УГЛЕПОРОДНОМ МАССИВЕ

При подземной разработке свиты угольных пластов при вскрытии и подготовке шахтных полей возникает необходимость проведения вскрывающих и подготавливающих выработок в неоднородном углепородном массиве. К таким выработкам следует отнести квершлагги, бремсберги, уклоны, сбойки, камеры различного назначения, газодренажные выработки и др. Устойчивость вмещающих пород на различных участках таких выработок существенно зависит от свойств этих вмещающих пород, формы и размеров поперечного сечения линейной части выработки и ее сопряжений с другими выработками.

В существующих нормативных документах рекомендуется выработку по ее длине делить на отдельные участки по горно-геологическим признакам и для каждого участка проводить расчеты параметров крепи, выбирать способы и схемы поддержания.

Однако при проведении наклонных или горизонтальных квершлаггов (сбоек) между выработками соседних угольных пластов свиты весьма сближенных пластов выделить участки с однородными горно-геологическими параметрами горных пород не представляется возможным. Например, при проведении наклонного квершлага с нижнего пласта на верхний необходимо выделять отдельные участки сопряжений квершлага (сбойки) с выработками нижнего и

верхнего пластов, а также участки пересечения выработки с породными слоями разной прочности, и для каждого участка осуществлять выбор параметров крепи с учетом взаимного влияния свойств пород на соседних участках. Естественно, использовать действующие методики в этом случае не представляется возможным.

В этой связи возникает актуальная научно-практическая задача прогноза геомеханических параметров, типа и конструкции крепи с учетом интегрального влияния разных свойств пород на соседних участках выработок, а также формы и размеров сопряжений и пересечений выработок.

В настоящей работе решение поставленной задачи осуществлено при разработке паспортов крепления квершлаггов (сбоек) капитальных выработок в условиях одной из шахт Кузнецкого угольного бассейна. Для обеспечения основного и вспомогательного транспорта, вентиляции и запасных выходов между уклонами пластов 1 и 2 (рис. 1) предложено проведение наклонных сбоек. Обоснование параметров крепи квершлаггов на отдельных этапах их проведения и крепления осуществлено с использованием численного моделирования напряженно-деформированного состояния пород в окрестности сбойки, пройденной от вентиляционного уклона пласта 1 до конвейерного уклона пласта 2.

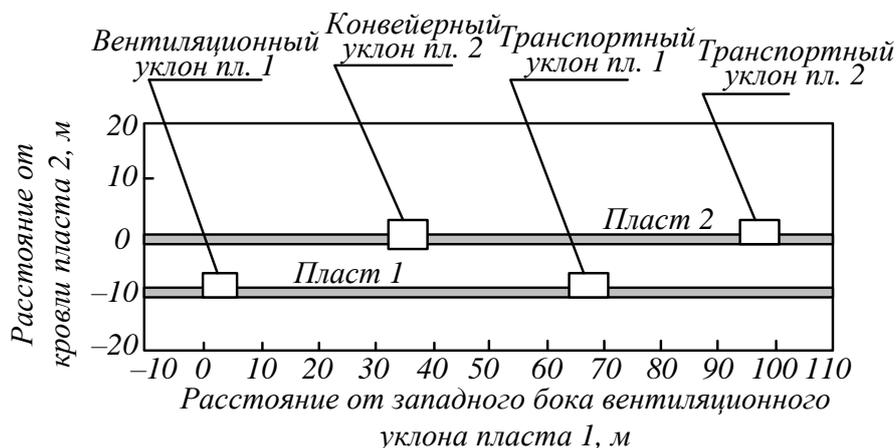


Рис. 1. Схема расположения уклонов

Цель настоящей работы – обосновать рекомендации для обеспечения устойчивости горных выработок при взаимном влиянии элементов сложной системы «весьма сближенные пласты 1 и 2, четыре охраняемые угольными целиками уклона, сбойки между уклонами пластов».

Для достижения поставленной цели решены следующие задачи:

- разработана методика исследований и проведена адаптация пакета компьютерных программ к горно-геологическим и горнотехническим условиям весьма сближенных пластов 1 и 2;

- проведено численное моделирование напряженно-деформированного состояния углепородного массива в окрестности сбоек уклонов;

- обоснованы по результатам моделирования параметры крепи сбоек для обеспечения их устойчивости в условиях весьма сближенных угольных пластов с изменчивыми природными условиями.

Объектом исследования являются процессы деформирования горных пород под влиянием взаимодействующих техногенных и природных напряжений в окрестности четырех уклонов на весьма сближенных угольных пластах 1 и 2.

Методы исследований: экспертная оценка, математическое моделирование численными методами механики горных пород, обобщение результатов исследований.

Для моделирования напряженно-деформированного состояния геомассива использованы следующие исходные данные:

- план горных выработок по пласту 2;
- геологические колонки по геологоразведочным скважинам (рис. 2);
- рабочие чертежи пространственного положения следующих уклонов: вентиляционно-

го уклона пласта 1, конвейерного уклона пласта 2, транспортно-го уклона пласта 1, транспортного уклона пласта 2;

- прогнозный геологический разрез по транспортному уклону пласта 1.

Мощность пород между пластами 1 и 2, представленная переслаиванием аргиллитов и алевролитов, по трассе уклонов составляет 7,09 м. В кровле пласта 2 залегает алевролит мелкозернистый сухой без расслоения, а в почве пласта 1 – алевролит мелкозернистый (рис. 2).

Учитывая отсутствие результатов натурных измерений деформаций пород в сбоях уклонов в качестве основного при исследовании принят метод конечных элементов [1 – 3] с использованием авторских пакетов программ KLATRAT, разработанных на кафедре геотехнологии Сибирского государственного индустриального университета [4 – 6]. В качестве исходных приняты данные геологической колонки. Геометрическая модель представлена в виде вертикального разреза, перпендикулярно осям уклонов. Начало условной системы координат принято на пересечении кровли пласта 2 и западного бока вентиляционного уклона пласта 1 (рис. 1). Размеры модели по простиранию приняты с учетом возможного влияния очистного выработанного пространства выемочных столбов пласта 2 на состояние пород в окрестности уклонов. Размеры геометрической модели по простиранию – 480 м. Глубина залегания пласта 2 – 270 м.

Рассмотрено три этапа проведения сбоек прямоугольной и арочной формы поперечного сечения.

Первый этап проведения сбоек с присечкой пород кровли пласта 1 (рис. 3). Выявлено начало активного влияния пласта 2 на устойчивость пород кровли сбоек на расстоянии 4,5 м от почвы пласта 2.

Слой	Колонка	Литотип	Порода	Физико-механические свойства				Устойчивость, обрушаемость			Содержание SiO ₂ , %
				Мощность	Плотность, т/м ³	Коэф. крепн	Сопротивление сжатию, МПа	Тип кровли	Допуст. площадь обнаж., м	Допустимое время обнажения, мин	
Основная кровля		Ал. м/з., Ал кр/з., АП	Алевролит мелкозернистый, алевролит крупнозернистый, алевропесчаник	10,0 – 26,6	2,60	5 – 9	50 – 90	Ср.О.	–	–	30 – 40 и более 40
Непосредственная среда		Ал. м/з.	Алевролит мелкозернистый	7,0 – 8,4	2,60	3 – 4	30 – 40	Ср.У	5	до 1 часа	30 – 40
«Ложная» кровля		Ал. м/з. У	Алевролит мелкозернистый	0,2 – 1,0	2,60	2,5 – 3,5	25 – 35	Весьма Н.У.	0,5	5	
Пласт 2		У	Уголь	2,06 – 2,41/2,19	1,26	1	10	–	–	–	
«Ложная» почва		Ал. м/з.	Алевролит мелкозернистый	0,2 – 0,5	2,60	2,5 – 3,5	25 – 35	–	–	–	30 – 40
Непосредственная почва		Ал. м/з.	Алевролит мелкозернистый	0,5 – 7,0	2,60	3 – 4	30 – 40	Склонна к пучению	–	–	30 – 40
Пласт 2		У	Уголь	1,70 – 2,23/1,91	1,28	1	10	–	–	–	
Непосредственная почва		Ал. м/з.	Алевролит мелкозернистый	5,0 – 7,8	2,60	3 – 4	30 – 40	–	–	–	30 – 40
Основная почва		Пер. Ал. м/з. с Ал кр/з.	Переслаивание алевролита мелкозернистого с алевролитом крупнозернистым	8,3 – 9,5	2,60	3 – 4	31 – 40	–	–	–	30 – 40

Рис. 2. Литологическая колонка сближенных пластов 2 и 1

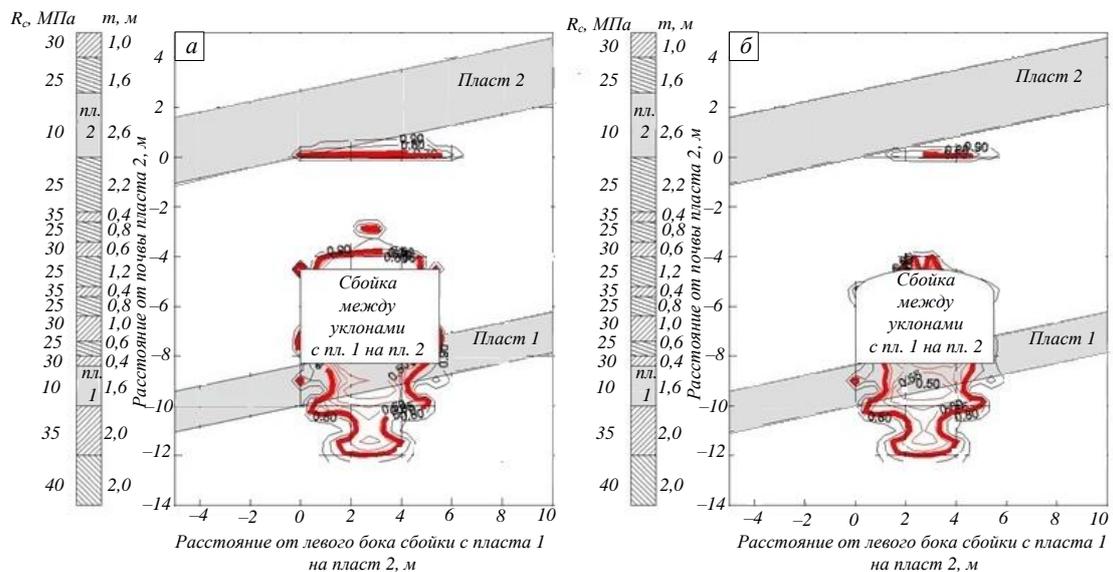


Рис. 3. Зоны разрушения пород при проведении сбойки с присечкой пород кровли пласта 1 (этап 1) при плоской (а) и полуарочной (б) форме кровли выработки

Для геомеханической ситуации (рис. 3) по Инструкции [7] проведен расчет параметров крепи, которая обеспечивает устойчивость выработки на всем протяжении ее эксплуатации. Изменение формы кровли выработки с плоской на полуарку увеличит устойчивость выработки почти в 1,5 раза, что подтверждается объемами зон разрушения пород. Установлено, что на первом этапе проведения сбойки применение как плоской кровли, так и кровли в

форме полуарки не осложнит эксплуатацию выработки. Однако рекомендуется (по сравнению с предлагаемыми в инструкции [7]) увеличить плотность установки анкеров первого уровня. Применение канатных анкеров глубокого заложения не приведет к повышению устойчивости выработки, однако может вызывать нежелательные последствия «набухания» пород кровли при перетоке воды с пласта 2.

Второй этап проведения сбойки с расположением сбойки между кровлей пласта 1 и почвой пласта 2 (рис. 4). Расстояние от кровли сбойки до почвы пласта 2 принято в диапазоне 2,5 – 0,6 м. Площади разрушенных пород в окрестности сбойки существенно увеличились за счет разрушения угля и пород кровли пласта 2. Интенсивность запредельного деформирования пород существенно меньше при проведении выработки арочной формы.

Выполненные по Инструкции [7] расчеты параметров крепи позволяют осуществлять крепление выработки вне зависимости от формы сечения. Рекомендуется применять анкеры первого уровня с увеличением плотности уста-

новки в два раза и устанавливать канатные анкеры с закреплением в породах выше пласта 2. Заглубление канатных анкеров в кровлю пласта 2 должно быть 0,5 м, следовательно, длина анкеров второго уровня составит 5,5 м. Для обеспечения устойчивости выработки рекомендуется устанавливать два анкера усиления на один метр выработки. Возможно сокращение количества анкеров первого уровня за счет увеличения количества анкеров усиления.

Третий этап проведения сбойки с расположением сбойки у почвы пласта 2 (рис. 5). Расстояние от кровли сбойки до почвы пласта 2 менее 0,5 м и дальнейшее проведение сбойки осуществляется с пересечением угольного пла-

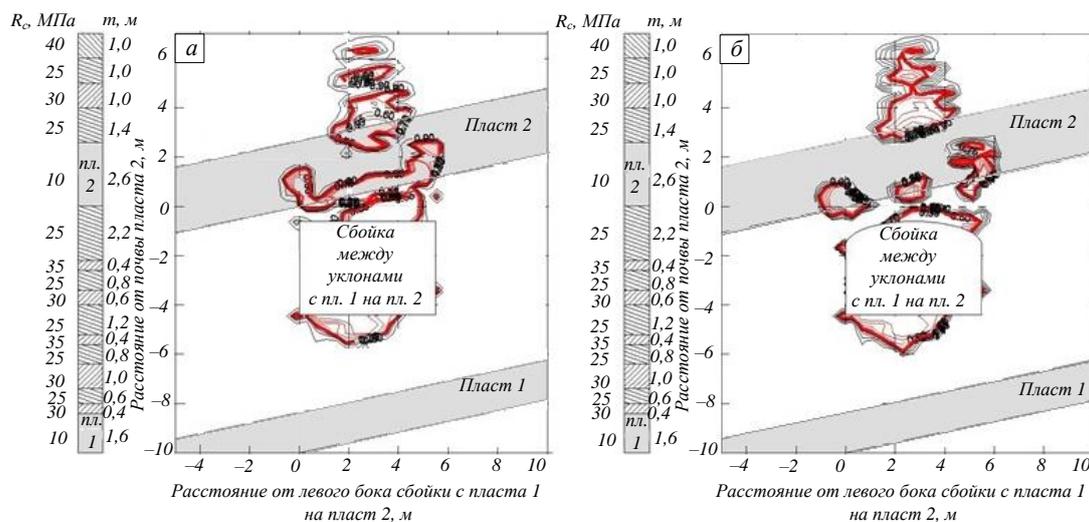


Рис. 4. Зоны разрушения пород при проведении сбойки с расположением ее между кровлей пласта 1 и почвой пласта 2 (этап 2) при плоской (а) и полуарочной (б) форме кровли выработки

ста 2. Это самый сложный этап проведения и поддержания выработки, так как происходит активизация процесса разрушения угля и пород обоих сближенных пластов. Предполагается высокая вероятность куполообразования при нарушении паспорта проведения или изменчивости параметров геомассива. Рекомендованы варианты проведения сбойки с применением проколов или упрочнением угольного массива пласта 2 полимерными материалами.

Обоснованы следующие параметры крепи: анкеры длиной, выходящей за кровлю пласта 2; необходимая величина перебура не менее 0,5 м или применение комбинированной крепи; анкеры первого уровня длиной 2,2 – 2,5 м с шагом установки 0,5 м; усиление пород кровли канатными анкерами с замком закрепления выше кровли пласта 2 на 0,5 – 1,0 м.

На третьем этапе проведения сбойки форма кровли выработки имеет существенное значение. Арочная форма в поперечном сечении обеспечит устойчивость выработки и существенно снизит вероятность инцидента при проведении сбойки в обводненных условиях. Таким образом, по результатам моделирования геомеханического состояния углепородного массива в окрестности уклонов пластов 1 и 2 и анализа результатов исследований [8] обоснована необходимость поэтапного проведения сбоек между уклонами на сближенных пластах. Для каждого этапа установлены формы и размеры зон запредельного состояния пород и разработаны паспорта крепления выработок. Принятые на основе моделирования решения по паспорту крепления утверждены и рекомендованы к внедрению техническим советом шахты.

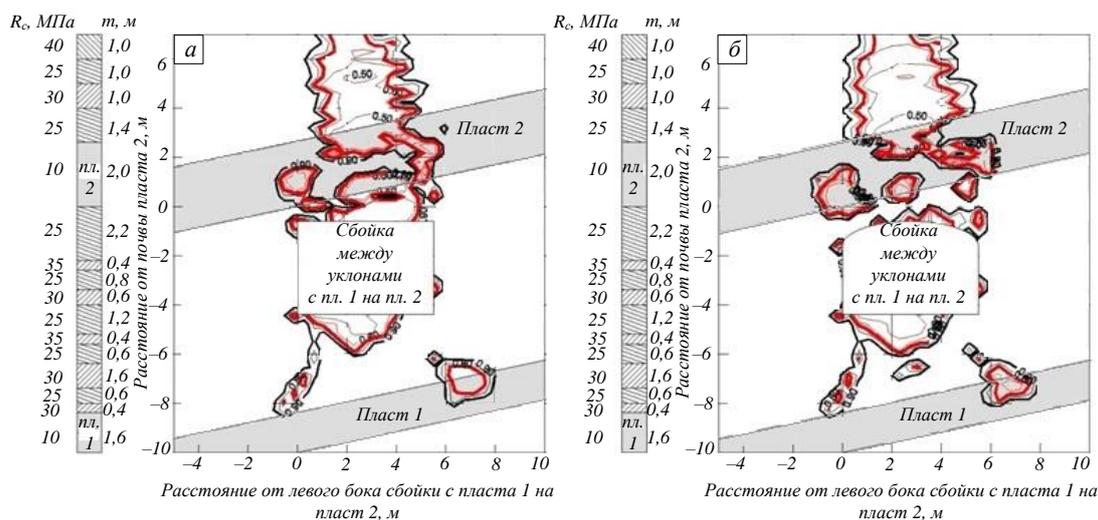


Рис. 5. Зоны разрушения пород при расположении сбойки у почвы пласта 2 (этап 3) при плоской (а) и полуарочной (б) форме кровли выработки

Выводы. Дано обоснование необходимости расчета крепи выработок, пройденных между выработками соседних угольных весьма сближенных пластов с выделением участков с однородными горно-геологическими параметрами горных пород. Методом математического моделирования установлены формы и размеры зон запредельного состояния пород. Разработаны рекомендации по креплению на различных участках выработок.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Курленя М.В., Серяков В.М., Еременко А.А. Техногенные геомеханические поля напряжений. – Новосибирск: Наука, 2005. – 264 с.
2. Бате Н., Вилсон Е. Численные методы анализа и численный метод конечных элементов. – М.: Стройиздат, 1982. – 448 с.
3. Оден Д. Конечные элементы в нелинейной механике сплошных сред. – М.: Мир, 1976. – 464 с.
4. Фрянов В.Н., Петрова О.А., Петрова Т.В. Комплекс проблемно-ориентированных программ для моделирования формирования и распределения опасных зон в газоносном геомассиве: свидетельство о регистрации электронного ресурса. № 21123. Дата регистрации 03 августа 2015 года // Хроники объединенного фонда электронных ресурсов «Наука и образование» № 08-09 (75-76). август-сентябрь 2015. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://ofernio.ru/portal/newspaper-05.php>. (Дата обращения 01.02.2017 г.).
5. Степанов А.В., Фрянов В.Н., Степанов Ю.А. Программа расчета геомеханических

параметров для исследования взаимодействия секции механизированной крепи с углепородным массивом // Свидетельство об официальной регистрации программы на ЭВМ № 2001610645. Заявл. 02.04.2001; зарегистр. 31.05.2001. – М.: Роспатент, 2001.

6. Никитина А.М., Фрянов В.Н. Геомеханическое обеспечение устойчивости горных выработок в неоднородном углепородном массиве. – Новокузнецк: изд. СибГИУ, 2009. – 199 с.
7. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Инструкция по расчету и применению анкерной крепи на угольных шахтах». Приказ Ростехнадзора от 17 декабря 2013 года № 610 «Об утверждении Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности "Инструкция по расчету и применению анкерной крепи на угольных шахтах" (Зарегистрировано в Минюсте России 19.02.2014 г. № 31354). [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/499066486?block=9>. (Дата обращения 01.02.2017 г.).
8. Исаченко А.А., Риб С.В., Волошин В.А., Фрянов В.Н. Оценка геомеханического состояния углепородного массива в окрестности уклонов сближенных угольных пластов с использованием численного моделирования методом конечных элементов // ГИАБ. 2016. № 1. С. 294 – 302.

© 2017 г. А.А. Исаченко, А.А. Петров
Поступила 01 февраля 2017 г.