

ТРЕТЕНКОВ ИГОРЬ ВИКТОРОВИЧ

ОБОСНОВАНИЕ СПОСОБОВ ПОВЫШЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ ПОРОДНЫХ
ОБНАЖЕНИЙ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК УГОЛЬНЫХ ШАХТ НА
СТАДИИ ИХ ПРОВЕДЕНИЯ
(на примере угольных месторождений Кузнецкого бассейна)

Специальность 25.00.16 «Горнопромышленная и нефтегазопромысловая
геология, геофизика, маркшейдерское дело и геометрия недр»

Автореферат диссертации на соискание ученой степени
кандидата геолого-минералогических наук

Томск 2007

Работа выполнена на кафедре «Транспорта и хранения нефти и газа»
Томского политехнического университета

Научный руководитель – доктор технических наук, профессор

Штумпф Генрих Георгиевич

Научный руководитель – доктор технических наук, профессор

Лукьянов Виктор Григорьевич

Официальные оппоненты:

доктор геолого-минералогических наук, профессор
Ольховатенко Валентин Егорович, ТГАСУ

доктор геолого-минералогических наук, профессор
Сальников Владимир Николаевич, ТПУ

Ведущая организация

ОАО Научно-исследовательский институт горной механики и
маркшейдерского дела межотраслевой научный центр ВНИМИ.
Сибирский филиал ОАО ВНИМИ.

Защита состоится « 01 » ноября 2007 г. в 16⁰⁰ часов на заседании диссертационного совета
К 212.296.01 в Томском политехническом университете по адресу: 634050, г. Томск, пр.
Ленина 30, корпус № 20, ауд. 406

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Томского политехнического университета
Факс\тел.: 8 (382–2) 563–961

Автореферат разослан «28» сентября 2007г.

Ученый секретарь

диссертационного совета

кандидат геолого-минералогических наук, доцент

/А.А. Поцелуев/

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. Для экономического развития нашей страны Кузнецкий бассейн имеет большое значение. Его богатые угленосные отложения сосредоточены на небольшой территории. Наиболее весомые промышленные запасы угля приходятся на пологие пласты мощностью до 2,5 метров.

Процессы управления горным давлением в технологии подземной добычи угля являются трудоемкими, поэтому вопросы их совершенствования, создания эффективных крепей и выемочных машин были и остаются важнейшей народнохозяйственной задачей.

Важнейшим условием нормальной работы шахт является своевременное проведение подготовительных выработок для воспроизводства очистного фронта.

Анализ и обобщение состояния горно-подготовительных работ и обследования выработок шахт бассейна показали, что на стадии проходки примерно в 25 – 30 % из них происходят опасные деформации и потеря устойчивости породных обнажений, в том числе около 40 % вне зоны влияния очистных работ и 60 % – в зоне влияния очистных работ.

Потеря устойчивости породных обнажений приводит к снижению скорости проведения выработок на 40 – 45 % и увеличению расхода крепежных материалов. Кроме того, 35 – 40 % несчастных случаев при горно-подготовительных работах обусловлены потерей устойчивости породных обнажений и обрушением пород кровли и боков выработок.

Работы по заделке вывалов пород в выработках довольно трудоемки и связаны с дополнительными расходами крепежных и других материалов.

Одной из основных причин потери устойчивости породных обнажений в горизонтальных горных выработках и увеличения затрат на их крепление, в особенности с углублением горных работ, является недостаточная изученность геомеханических процессов в приконтурных породах. Сложность задачи по повышению устойчивости породных обнажений горизонтальных горных выработок на шахтах Кузбасса в значительной мере обусловлена большим разнообразием горно-геологических условий – по мощности и углу падения пластов, строению и прочности вмещающих пород и др.

Таким образом, геомеханическое обоснование способов повышения устойчивости породных обнажений горизонтальных горных выработок в условиях шахт Кузбасса является актуальной научной и практической задачей.

Цель работы – разработка и обоснование способов повышения устойчивости породных обнажений горизонтальных горных выработок угольных шахт на стадии проведения для повышения эффективности их строительства и поддержания на основе геомеханических обоснований.

Задачи исследования:

- установить влияние горно-геологических факторов на устойчивость породного обнажения в горных выработках;
- установить влияние горнотехнических факторов на устойчивость породного обнажения в горных выработках;
- разработать и обосновать способы повышения устойчивости породных обнажений в проводимых горных выработках.

Методы исследования:

выполненный комплекс исследований включает анализ и обобщение литературных источников по устойчивости горных выработок, лабораторных исследований физико-механических свойств пород кровли горизонтальных горных выработок, инструментальных наблюдениях за устойчивостью породных обнажений в пластовых и полевых выработках, обработку результатов лабораторных и натурных исследований методами математической статистики с применением ЭВМ, технико-экономическое сравнение технических и технологических решений.

Научные положения, защищаемые в диссертации:

- установлены наиболее существенно влияющие на устойчивость породного обнажения следующие горно-геологические факторы: слоистость - при прочности слоев на

одноосное сжатие 50 – 60 МПа и мощности их более 0,8 м породные обнажения кровли сохраняют устойчивое состояние свыше 2 часов, при мощности слоя от 0,1 до 0,4 м и прочности пород при сжатии до 40 МПа время устойчивого состояния сохраняется в пределах одного часа, а при мощности слоев менее 0,1 м, что характерно для ложной кровли, время их устойчивого состояния составляет до 10 – 20 мин; трещиноватость - в сильнотрещиноватых, нарушенных породах, залегающих в основном над угольными пластами (преимущественно ложная кровля), с расстоянием между трещинами от 0,01 – 0,2 м, их устойчивость обычно не превышает 20 мин, породы слабые, сильнотрещиноватые от 0,3 – 0,5 м, с пределом прочности при сжатии 20 – 40 МПа, устойчивы в течение 0,5–1,5 ч, породы массивные, трещиноватые 0,6 – 1 м, прочность 40 – 50 МПа, устойчивы в течение 2 – 3,5 ч; влажность - песчаники на карбонатном цементе при увеличении влажности теряют прочностные характеристики примерно на 5 %, алевролиты на кремнистом и карбонатно-кремнистом цементе – 14 %, алевролиты с глинистым цементом – 20 – 30 %, аргиллиты – 40 – 60 % и углистые аргиллиты до 80 %.

- установлены наиболее существенно влияющие горнотехнические и технологические факторы: ширина выработки - при увеличении ширины выработки от 4 до 6 м смещения в выработке увеличиваются на 23 – 28 %; глубина расположения - увеличение глубины расположения от 150 до 600 м в пластах мощностью 1,6 – 2,5 м привело к росту смещения кровли в породах с $\sigma_{сж} < 45$ МПа в 3 – 3,5 раза, в породах $\sigma_{сж} = 45 – 80$ МПа – в 2 – 2,4 раза; способ охраны выработки – в массиве угля - смещение кровли, представленной прочными породами, обычно не превышает 40 – 50 мм, породами средней прочности – 70 – 90 мм и слабыми породами – 110 – 150 мм. Влияние опорного давления на выемочные штреки на глубине 130 – 160 м распространяется на 20 – 25 м впереди забоя лавы, а на глубине 400 м – на 40 – 50 м. До попадания в зону влияния очистных работ смещение кровли по бокам выемочных штреков происходит обычно равномерно, в зоне влияния очистных работ протекает в 1,5 – 2,5 раза быстрее со стороны лавы, чем со стороны массива угля; массив угля – целик - в штреках, которые проводили через 10 – 12 мес. и более после отработки соседней лавы, смещение пород кровли за срок службы в 1,8 – 2 раза меньше, чем в штреках, которые проводили до отработки соседнего столба, и в 2,8 – 3 раза меньше, чем в штреках, которые проводили навстречу соседней лаве; бесцеликовый - выемочные штреки лав не испытывают вредного взаимного влияния очистных и подготовительных работ в соседних столбах при ширине временного целика: не менее 23 – 25 м – на глубине расположения 250 м, 30 – 35 м – на глубине расположения 300 м и 35 – 40 м – на глубине расположения 400 м.
- разработаны и обоснованы способы повышения устойчивости породных обнажений в горизонтальных горных выработках, как на стадии проектирования, так и стадии сооружения, заключающиеся в проведении выработок с присечкой и без нее, проведение без оставления угольных пачек, проведении квершлагов, проведение в зонах геологических нарушениях и эффективности работы анкерной крепи. В результате внедрения экономический эффект от разработанных способов обеспечит снижение стоимости поддержания 1 м горных выработок в среднем на 41 руб. (в ценах 1986 г).

Научная новизна работы заключается:

- в установлении закономерностей геомеханических процессов и потери устойчивости породных обнажений в горных выработках в зависимости от горно-геологических факторов;
- в определении особенностей деформирования горных пород вокруг выработок и потери устойчивости в зависимости от горнотехнических факторов;
- в установлении взаимосвязей, позволяющих прогнозировать степень влияния основных горно-геологических и горнотехнических факторов на устойчивость породных обнажений горизонтальных горных выработок;

- в разработке классификации породных обнажений по времени устойчивости горизонтальных горных выработок;
- в разработке способов повышения устойчивости породных обнажений в горизонтальных горных выработках.

Обоснованность и достоверность научных положений и рекомендаций подтверждается:

- представленным объемом натурных наблюдений в 53 горизонтальных горных выработках, охватывающих типичные горно-геологические и горнотехнические условия всех районов Кузбасса;
- удовлетворительной сходимостью результатов аналитических, экспериментальных, лабораторных исследований в определении времени устойчивого состояния породных обнажений в проводимых горизонтальных горных выработках;
- положительными результатами промышленной проверки разработок повышения устойчивости породных обнажений и технологических решениях сооружения горных выработок.

Личный вклад автора заключается:

- в установлении основных причин опасных деформаций вмещающих пород и потери устойчивости породных обнажений;
- в разработке методики выполнения лабораторных и натурных исследований;
- в установлении наиболее существенно влияющих факторов на устойчивость породного обнажения в проводимых горных выработках;
- в установлении корреляционных зависимостей по влияющим горно-геологическим и горнотехническим факторам;
- в разработке классификации по влияющим горно-геологическим факторам на устойчивость породного обнажения;
- в обосновании и разработке способов повышения устойчивости породных обнажений горизонтальных горных выработок, как на стадии их проектирования, так и на стадии сооружения;
- во внедрении результатов работы и оценке эффективности повышения устойчивости породных обнажений на шахтах Кузбасса.

Научное значение работы:

заключается в установлении закономерностей геомеханических процессов влияющих на устойчивость породного обнажения в проводимых горизонтальных горных выработках и снижение затрат на крепление и сооружение.

Практическое значение работы состоит в:

- разработке способов управления устойчивостью породных обнажений в горизонтальных горных выработках от влияющих горно-геологических и горнотехнических условий их проведения и поддержания;
- разработке рекомендаций для повышения устойчивости горизонтальных выработок на стадии проектирования;
- снижение затрат на крепление и поддержание горных выработок.

Реализация выводов и рекомендаций работы

Результаты работы используются для повышения устойчивости породных обнажений проводимых горизонтальных горных выработок на шахтах «им. Кирова», «Октябрьская» и «Красноярская» Ленинск-Кузнецкого района ОАО УК «Кузбассуголь», на шахте «Осинниковская» ОАО УК «Южкузбассуголь» и на шахте им. В.И. Ленина Томусинского района, ХК «Соколовская» ООО «Шахта № 3».

Результаты работы находят применение и в учебном процессе при изучении дисциплин «Геомеханика» и «Механика подземных сооружений» студентами горного и шахтостроительного факультетов КузГТУ.

В виде рекомендаций по повышению устойчивости выработок результаты исследования используются на шахтах ОАО УК «Кузбассуголь».

Апробация работы. Основные научные положения и практические выводы докладывались на научных конференциях Кузбасского государственного технического университета (г. Кемерово, 18 апреля 2000 г., 17 апреля 2001 г., 18 апреля 2002 г.), II Российско-китайском симпозиуме «Строительство подземных сооружений и шахт» (г. Кемерово, 2 – 4 октября 2002 г.), IV и V научно-практической конференции «Безопасность жизнедеятельности предприятий в угольных регионах» (г. Кемерово, 23 – 24 ноября 2001 г., 26 – 27 ноября 2002 г.), техническом совете шахты «Полысаевская» (г. Ленинск-Кузнецкий, 2001 г.), ГУ «Красноярская государственная академия цветных металлов и золота» Всероссийская научно-техническая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых (г. Красноярск, 22 – 24 апреля 2003 г.), Методические рекомендации: Способы повышения устойчивости породных обнажений горизонтальных горных выработок на стадии их проведения – Кемерово, 2003.

Публикации. Основные положения диссертации и результаты выполненных исследований опубликованы в 9 научных работах.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, 5 глав, заключения и содержит 130 страницы машинописного текста, включая 49 рисунков, 18 таблиц и список литературы из 120 наименований.

Автор выражает глубокую благодарность и признательность научному руководителю – заслуженному деятелю науки РФ, д.т.н., проф. академику академии горных наук В.Г. Лукьянову, а также благодарит сотрудников кафедры транспорта и хранения нефти и газа, заместителю генерального директора «Кузбасского центра мониторинга производственной и экологической безопасности» В.М. Лудзиш, генеральному директору «Инвестуголь» Ю.А. Лопатину за оказанную методическую помощь в проведении экспериментальных исследований, консультаций и ценных советов при подготовке диссертации к защите, развитию и реализации научных разработок.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

1. Установлены наиболее существенно влияющие на устойчивость породного обнажения следующие горно-геологические факторы: слоистость - при прочности слоев на одноосное сжатие 50 – 60 МПа и мощности их более 0,8 м породные обнажения кровли сохраняют устойчивое состояние свыше 2 часов, при мощности слоя от 0,1 до 0,4 м и прочности пород при сжатии до 40 МПа время устойчивого состояния сохраняется в пределах одного часа, а при мощности слоев менее 0,1 м, что характерно для ложной кровли, время их устойчивого состояния составляет до 10 – 20 мин; трещиноватость - в сильнотрещиноватых, нарушенных породах, залегающих в основном над угольными пластами (преимущественно ложная кровля), с расстоянием между трещинами от 0,01 – 0,2 м, их устойчивость обычно не превышает 20 мин, породы слабые, сильнотрещиноватые от 0,3 – 0,5 м, с пределом прочности при сжатии 20 – 40 МПа, устойчивы в течение 0,5–1,5 ч, породы массивные, трещиноватые 0,6 – 1 м, прочность 40 – 50 МПа, устойчивы в течение 2 – 3,5 ч; влажность - песчаники на карбонатном цементе при увеличении влажности теряют прочностные характеристики примерно на 5 %, алевролиты на кремнистом и карбонатно-кремнистом цементе – 14 %, алевролиты с глинистым цементом – 20 – 30 %, аргиллиты – 40 – 60 % и углистые аргиллиты до 80 %.

Обобщением фактических данных и обследованием ряда горизонтальных выработок на шахтах Кемеровского, Ленинского, Прокопьевско-Киселевского, Томусинского и других районов Кузбасса установлено, что примерно в 58 % общей протяженности из них породные обнажения кровли и частично боков теряют устойчивость непосредственно при обнажении или спустя некоторое время после обнажения. Потеря устойчивости обнажений характеризуется локальными вывалами и сплошными вывалами пород кровли на участках, протяженностью 15 – 20 м и больше, в части выработок по пластам с ложной и легкообрушающейся кровлей общей мощности до 0,3 – 0,5 м по всей их длине.

Значительный вклад в исследования и обобщение результатов научной работ в области обоснования устойчивости породных обнажений и геомеханических параметров устойчивости горных выработок, внесли отечественные и зарубежные ученые К.А. Ардашев, Н.П. Бажин, И.В. Баклашов, А.А. Борисов, Н.С. Булычев, В.Н. Вылегжанин, Г.И. Грицко, А.Н. Динник, П.В. Егоров, Ю.А. Заславский, В.Н. Каретников, Б.А. Картозия, Г.Н. Кузнецов, Г.Н. Кулаков, М.В. Курленя, В.А. Лидер, А.Г. Протосеня, В.В. Тайский, В.Н. Фрянов, И.Л. Черняк, А.П. Широков, Г.Г. Штумпф, Я. Фармер, О. Якоби и др.

Показано, что устойчивость породных обнажений в горных выработках зависит от многих горно-геологических, горнотехнических и технологических факторов. Анализ научно-технической литературы показал, что недостаточно изучены факторы, влияющие на устойчивость породных обнажений в подготовительных выработках и сравнительно слабо обоснованы способы повышения их устойчивости. В наибольшей мере это касается вопросов повышения устойчивости породных обнажений на стадии проведения выработок.

Настоящая работа направлена на решение вопроса повышения устойчивости породных обнажений в горизонтальных горных выработках на стадии их сооружений на основе результатов исследований геомеханических процессов и разработанных способов и средств управления ими.

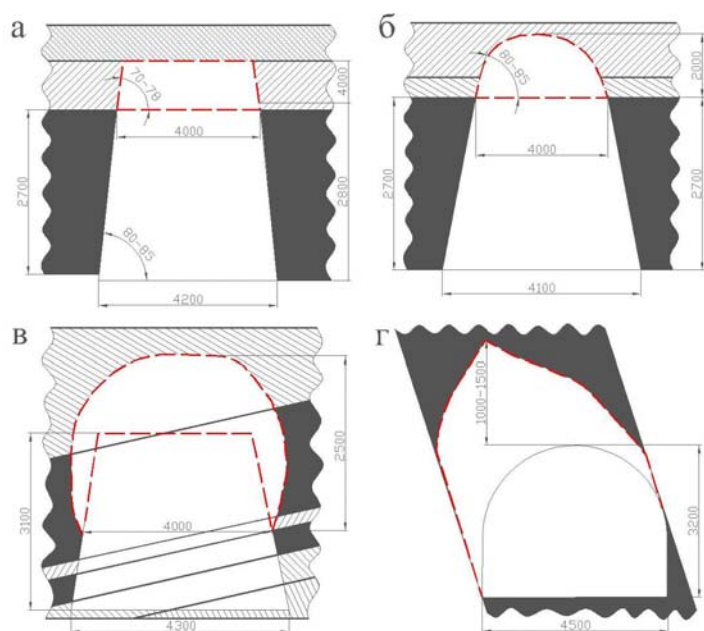


Рис.1. Характерные формы потери устойчивости

Анализ и обобщение состояния горно-подготовительных работ и обследования выработок шахт бассейна показали, что на стадии проходки примерно в 25 – 30 % из них происходят опасные деформации и потери устойчивости породных обнажений, в этом числе 40 % из них вне зоны влияния очистных работ и 60 % - в зоне влияния. Потери устойчивости породных обнажений приводят к снижению скорости проведения выработок на 40 – 45 % и увеличению расхода крепежных материалов. Кроме того, 35 – 40 % несчастных случаев на горно-подготовительных работах обусловлены потерей устойчивости породных обнажений и обрушением пород кровли, и боков выработок.

Одной из основных причин потери устойчивости породных обнажений и увеличения затрат на их крепление, в особенности с углублением горных работ, является недостаточная изученность геомеханических процессов в приконтурных породах и обнажениях. Сложность задачи по повышению устойчивости породных обнажений в значительной мере обусловлена большим разнообразием горно-геологических условий – по мощности и углу падения пластов, строению и прочности вмещающих пород и др.

В ходе анализа результатов шахтных наблюдений и материалов геолого-маркшейдерских служб шахт выявлены 4 наиболее характерные формы потери устойчивости породных обнажений пород кровли (рис. 1).

Трапецевидная (рис. 1, а) образуется в основном из-за малого сцепления между слоями, мощность которых 0,2 – 0,6 м, прочность пород при сжатии 25 – 40 МПа.

Сводчатая полуциркулярная (рис. 1, б) образуется, когда вывал равен или более полупролета выработки, предел прочности пород кровли при сжатии 30 – 40 МПа, расстояние между трещинами 0,2 – 0,3 м.

Сводчатая циркульная (рис. 1, в) образуется, когда вывал меньше или равен полупролету выработки, породы кровли однородные, разностроистые, трещиноватые, предел прочности при сжатии 25 – 45 МПа, расстояние между трещинами 0, 1 – 0,2 м. Параболическая форма вывала (рис. 1, г) встречается в однородных породах с пределом прочности при сжатии до 30 МПа, трещиноватых, расстояние между трещинами 0,01 – 0,1 м (более 8 трещин на 1 м).

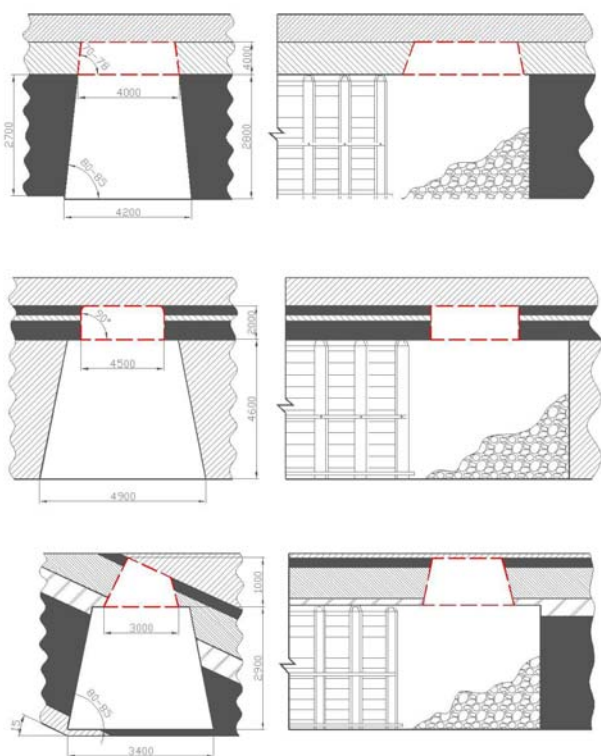


Рис. 2. Характерные формы обрушения слоистых горных пород

аргиллиты сильно трещиноватые и мелкостроистые мощностью менее 0,1 м, склонны к самопроизвольному отслаиванию в течение 10 – 15 мин, остальные горные породы с пределом прочности более 60 МПа при площади обнажения 5 м² обрушаются через 35 и более мин.

На рис. 3 приведены графики зависимости времени устойчивого состояния породных обнажений кровли в проводимых горных выработках от мощности слоев без угольных прослоек и с угольными прослойками.

В ходе анализа полученных данных с помощью математической статистики были получены корреляционные зависимости для определения времени сохранения устойчивого состояния кровли:

сложенной слоями алевролитов и песчаников

$$t=61,8-3,8m_{cl}+285,6m_{cl},$$

сложенной слоями алевролитов и песчаников, с включениями прослоек угля

$$t=21,03-45m_{cl}+222,5m_{cl}.$$

Коэффициент корреляции для обоих случаев равен 0,92.

Нами была поставлена задача, установить влияние слоистости на устойчивость породных обнажений в горных выработках. Наблюдения проводились в призабойном пространстве горных выработок шахт бассейна (способ проведения комбайновый, площадь поперечного сечения в проходке 10 – 12 м², обнажаемая площадь 2 – 5 м², глубина расположения выработок 250 – 320 м, крепь металлическая трапецевидная из спецпрофиля СВП – 17 и СВП – 22, выработки не испытывали влияния очистных работ). В результате были выявлены характерные формы (рис. 2) обрушения слоистых горных пород.

Вывалы, вызванные слабым межслоевым контактом, имеют трапецевидную или прямоугольную форму, как во фронтальном, так и в профильном сечении (рис. 2.).

Анализ результатов проведенных натурных наблюдений показал, что уголь и углистые

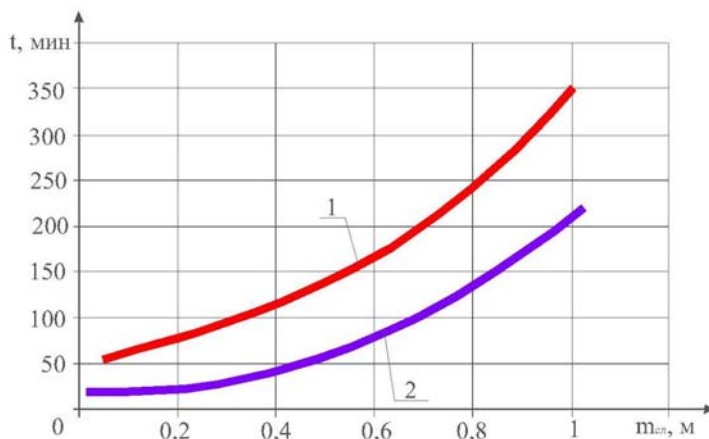


Рис. 3. Зависимость времени (t) устойчивого состояния породного обнажения от мощности слоя (m_{cl}): 1 - кровля сложена слоями алевролитов и песчаников; 2 - кровля сложена слоями алевролитов и песчаников, с включениями прослоек угля мощностью 50 - 80 мм

Нами установлено, что в случае, когда прочность слоев на одноосное сжатие 50 – 60 МПа и мощность их более 0,8 м, породные обнажения кровли сохраняют устойчивое состояние свыше 2 часов. При мощности слоя от 0,1 до 0,4 м и прочности пород при сжатии до 40 МПа время устойчивого состояния сохраняется в пределах одного часа, а при мощности слоев менее 0,1 м, что обычно характерно для ложной кровли, время их устойчивого состояния составляет от 10 до 20 мин.

Устойчивость породных обнажений пород кровли под влиянием трещиноватости снижается примерно на 40 – 50 %, что указывает на необходимость детализации ее влияния. В ходе лабораторных исследований выявлено, что подавляющее большинство трещин в породах заполнено глинистыми, карбонатными, углистыми и другими материалами. На поверхности трещин в алевролитах встречаются тонкие налеты глинистых и известковых веществ. Ширина трещин в породах достигает 0,08 м, хотя наиболее часто встречается менее 0,002 м.

На рис. 4 приведены результаты исследования зависимости времени сохранения устойчивого состояния породных обнажений в зависимости от расстояния между трещинами в породах кровли проводимых горных выработок.

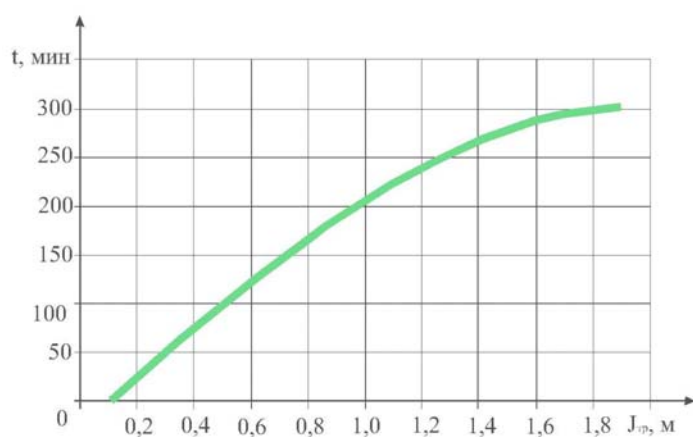


Рис. 4. Зависимость времени устойчивого состояния породного обнажения от расстояния между трещинами

Из рис. 4 следует, что в сильнотрещиноватых, нарушенных породах, залегающих в основном над угольными пластами (преимущественно ложная кровля) с расстоянием между трещинами от 0,01–0,2 м, время устойчивого состояния обычно не превышает 20 мин. Породы слабые, с пределом прочности при сжатии 20–40 МПа, сильнотрещиноватые от 0,3 до 0,5 м, устойчивы 0,5–1,5 ч. Массивные, трещиноватые породы, с расстоянием между трещинами 0,6 – 1 м, предел прочности при сжатии 40 – 50 МПа устойчивы 2–3,5 ч.

В результате обработки полученных данных с помощью методов математической статистики, была получена корреляционная зависимость времени устойчивого состояния от интенсивности трещиноватости

$$t = 268J_{TP} - 18,6J_{TP}^2 - 16,5J_{TP}^3 - 27,3,$$

Коэффициент корреляции равен 0,9.

При решении различных задач охраны, крепления, определении нагрузки на крепь и т.д. требуется дифференцированный подход к оценке прочности пород массива. В наибольшей мере это касается прочности пород в случае обоснования устойчивости породных обнажений в проводимых и поддерживаемых горных выработках.

Выполненные нами лабораторные испытания прочностных свойств включали в себя все литологические типы горных пород Кузбасса с учетом основных структурно-текстурных элементов их строения (рис. 5).

Предел прочности горных пород при сжатии ($\sigma_{сж}$) в кровле угольных пластов бассейна колеблется: песчаники от 10 – 180 МПа, алевролиты от 10 – 130 МПа, аргиллиты – 4 – 20 МПа, каменный уголь 7 – 25 МПа, предел прочности пород на растяжение (σ') соответственно 1,6 – 20,8 МПа, 1 – 10,4 МПа, 0,6 – 3,2 МПа и 1,1 – 4 МПа.

Проведенный анализ результатов лабораторных исследований показал, что главным образом прочность пород кровли зависит от вещественного состава, слоистости, трещиноватости и других макро- и микро-дефектов строения. За счет слоистости прочность пород кровли пластов снижается в 1,5 – 4 раза, а за счет трещиноватости в 3 – 15 раз.

Наблюдения за влиянием влажности на устойчивость пород кровли в призабойном пространстве проводимых пластовых выработок проводились на отдельных шахтах Кемеровского и Ленинского районов.

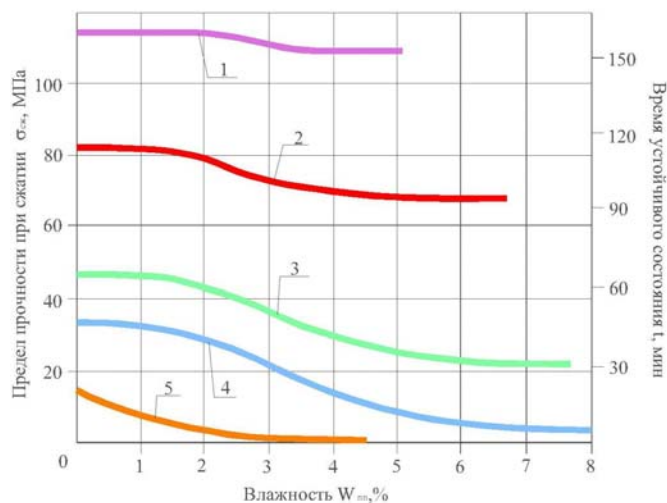


Рис. 5. Зависимость времени устойчивого состояния породного обнажения от расстояния между трещинами

(рис. 5), что песчаники на карбонатном цементе при увеличении влажности теряют устойчивость примерно на 5 %, алевролиты на кремнистом и карбонатно-кремнистом цементе – 14 %, алевролиты с глинистым цементом – 20 – 30 %, аргиллиты – 40 – 60 % и углистые аргиллиты до 80 %.

Обобщив результаты проведенных выше исследований мы разработали классификацию пород по устойчивости породных обнажений, в основу которой положены: слоистость, трещиноватость, прочность пород при сжатии, влажность, площадь и времена устойчивого состояния, так как рассматриваемые параметры оказывают наибольшее влияние на выбор и обоснование технологии проведения горных выработок, выбор типа крепи и т.д.

Фактические данные и результаты шахтных наблюдений показывают на зависимость устойчивости породных обнажений от ряда горнотехнических факторов, в связи с этим в выработках на шахтах Кузбасса проводились инструментальные и натурные наблюдения.

2. установлены наиболее существенно влияющие горнотехнические и технологические факторы: ширина выработки - при увеличении ширины выработки от 4 до 6 м смещения в выработке увеличиваются на 23 – 28 %; глубина расположения - увеличение глубины расположения от 150 до 600 м в пластах мощностью 1,6 – 2,5 м привело к росту смещения кровли в породах с $\sigma_{сж} < 45$ МПа в 3 – 3,5 раза, в породах $\sigma_{сж} = 45 – 80$ МПа – в 2 – 2,4 раза; способ охраны выработки – в массиве угля - смещение кровли, представленной прочными породами, обычно не превышает 40 – 50 мм, породами средней прочности – 70 – 90 мм и слабыми породами – 110 – 150 мм. Влияние опорного давления на выемочные штреки на глубине 130 – 160 м распространяется на 20 – 25 м впереди забоя лавы, а на глубине 400 м – на 40 – 50 м. До попадания в зону влияния очистных работ смещение кровли по бокам выемочных штреков происходит обычно равномерно, в зоне влияния очистных работ протекает в 1,5 – 2,5 раза быстрее со стороны лавы, чем со стороны массива угля; массив угля - целик - в штреках, которые проводили через 10 – 12 мес. и более после отработки соседней лавы, смещение пород кровли за срок службы в 1,8 – 2 раза меньше, чем в штреках, которые проводили до отработки соседнего столба, и в 2,8 – 3 раза меньше, чем в штреках, которые проводили навстречу соседней лаве; бесцеликовый - выемочные штреки лав не испытывают

В ходе проведенных исследований было выявлено, что песчаники и алевролиты с преобладанием кремнистого цемента практически не размокают независимо от времени нахождения в водной среде и коэффициент размягчения $K_p = 0,97 – 1$. Аргиллиты, алевролиты, углистые алевролиты и аргиллиты, слабые и нарушенные алевролиты при большой влажности в течение 3 – 9 ч размокают и разрушаются на мелкие кусочки, вследствие чего теряют практически полностью устойчивость. Коэффициент размягчения для углистых и нарушенных алевролитов и аргиллитов, прочностью менее 40 МПа составляет 0,5 – 0,7.

Результаты исследований показали

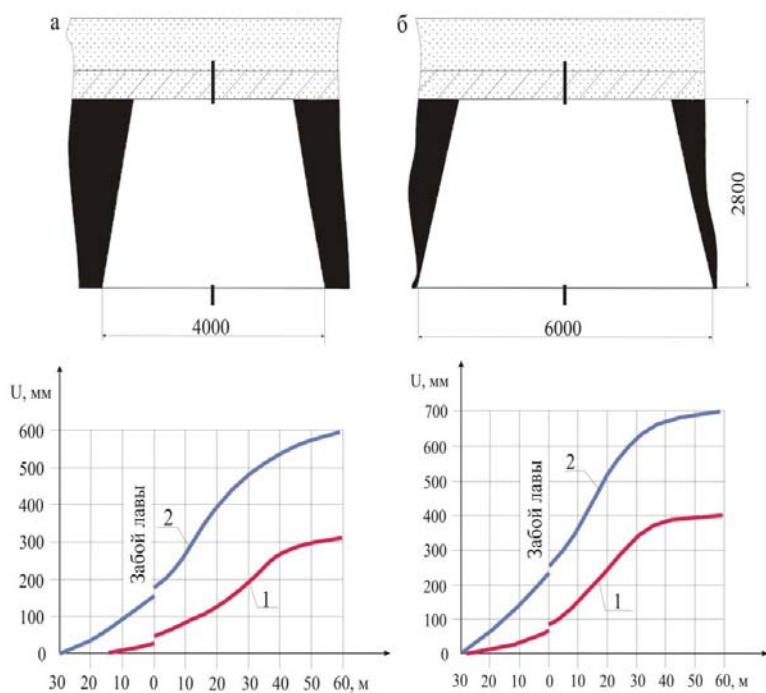
вредного взаимного влияния очистных и подготовительных работ в соседних столбах при ширине временного целика: не менее 23 – 25 м – на глубине расположения 250 м, 30 – 35 м – на глубине расположения 300 м и 35 – 40 м – на глубине расположения 400 м.

В третьей главе приводятся результаты исследований влияния горнотехнических факторов на проявления геомеханических процессов и устойчивость породных обнажений

Шахтные экспериментальные наблюдения за изменениями смещений пород кровли и устойчивостью породных обнажений в зависимости от влияния ширины выработок проводились на шахтах «им. Ярославского», «Октябрьская» (Ленинск-Кузнецкий район) и «им. Ленина», «5-6» (Томусинский район).

В результате наблюдения (рис. 6) нами было установлено, что при увеличении ширины выработки от 4 до 6 м смещения в выработке увеличивается на 23 – 28 %.

Наблюдениями выявлено, что в выработках разного поперечного сечения



Графики смещения кровли в конвейерном штреке № 941 шахта «им. Е. Ярославского»:
а - при ширине выработки 4 м; б - при ширине выработки 6 м; 1 - при
проведении; 2 - при погашении

расположенных на одном пласте и одном горизонте в равных горно-геологических и горнотехнических условиях, в пределах изменения ширины выработки 2,9 – 6 м смещения на контуре возрастают с увеличением ширины выработки.

Мы приняв за типовую площадь поперечного сечения выработки равную 8,6 – 8,7 м² (ширина 3,6 и высота 2,4 м), коэффициент влияния площади сечения выработки K_s будет равным 1, что позволяет рассматривать коэффициент влияния для других размеров выработки

$$K_s = \frac{v_{np}}{v_m},$$

где v_m – типовая ширина выработки, м; v_{np} – ширина рассматриваемой выработки, м.

В этом случае, для выработок имеющих ширину 2,9 м – K_s составляет 0,81, а для монтажной камеры шириной 5,7 м – $K_s = 1,53$.

В исследовании влияния площади сечения рассматривалось три формы поперечного сечения выработок: прямоугольная, трапецевидная и арочная. Исходя из исследования, было выявлено, что вертикальные смещения в выработках различной формы – различны. Так, они при арочной форме поперечного сечения в 1,25 – 1,3 раза меньше, чем при трапецевидной и прямоугольной.

В связи с этим, приняв коэффициент K_f формы поперечного сечения для трапецевидной формы равным 1 мы получили для прямоугольной формы $K_f = 1,1 – 1,15$, а для арочной $K_f = 0,75 – 0,8$.

По результатам проведенных шахтных наблюдений установлено, что увеличение глубины расположения полевых выработок, вне зоны влияния очистных работ, от 100 до 500 м (в 5 раз) сопровождается ростом смещений, в слабых породах кровли примерно в 2,7 – 3,2 раза, в породах средней крепости ($\sigma_{сж} = 45 – 80$ МПа) – в 1,8 – 2,5 раза, в прочных 1,2 – 1,5 раза. В пластовых выработках погашаемых вслед за подвиганием очистного забоя, кровля не испытывает большого горного давления, как на глубине 250 – 300 м, так и на глубине 300 – 600 м. За весь срок службы выработок смещения кровли в прочных породах (с пределом прочности при сжатии более 70 МПа) обычно не превышали 55 – 65 мм, в породах средней крепости – от 80 до 100 мм и в слабых (менее 45 МПа) от 160 до 190 мм.

Анализ и обработка результатов полученных в ходе инструментальных наблюдений показали, что увеличение глубины расположения выемочных штреков от 150 до 600 м (в 4 раза) в пластах мощностью 1,6 – 2,5 м, привело к росту смещения кровли в породах с $\sigma_{сж} < 45$ МПа в 3 – 3,5 раза (от 60 до 200 мм), в породах $\sigma_{сж} = 45 – 80$ МПа – в 2 – 2,4 раза (от 38 до 90 мм).

Увеличение расстояния между поверхностями ослабления и мощности слоев при прочих равных условиях, сопровождается уменьшением обрушений пород кровли в призабойное пространство. На рис. 7 приведен график смещений пород кровли в выработках вне зоны влияния очистных работ в зависимости от мощности слоев ($m_{сл}$) и глубины расположения (H), площадь сечения выработок в проходке 7 – 10 м², мощность пластов 1,7 –

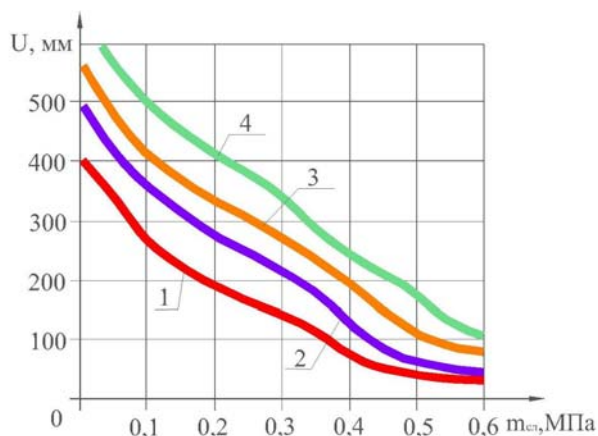


Рис. 7. Зависимость устойчивости породных обнажений в выработках вне зоны влияния очистных работ от мощности слоя: 1, 2, 3, 4 – глубина расположения выработок соответственно 300, 400, 500, 600 м

2,5 м, угол падения 0 – 10°, породы кровли алевролит мелкозернистый с пределом прочности при сжатии 30 – 40 МПа.

Обрушение пород кровли в подготовительных выработках происходит при прочих равных условиях (рис. 7) наиболее интенсивно при мощности слоев менее 0,15 – 0,2 м, при мощности слоев 0,5 – 0,6 м величины смещений пород в выработках на глубине от 300 до 600 м практически равны.

В результате обработки данных проведенных исследований получено уравнение для определения смещения пород кровли в зависимости от мощности слоев и глубины расположения выработок, поддерживаемых вне зоны влияния

очистных работ

$$U = 203,96 - 1045,2m_{сл} + 0,67H + 493,36m_{сл} - 2,8 \cdot 10^{-5} H,$$

где U – величина смещения пород кровли, мм; $m_{сл}$ – мощность слоя пород кровли, м; H – глубина расположения выработки, м.

При множественном корреляционном отношении тесноты связи между параметрами $R = 0,9$. Уравнение справедливо в пределах $m_{сл} = 0,05 – 0,6$ м, $H = 300 – 600$ м.

При увеличении прочности пород при сжатии с 10 до 80 МПа смещение уменьшилось с 400 до 35 мм (рис. 8), т.е. в среднем в 11,4 раза вне зоны влияния очистных работ и с 800 до 160 мм в среднем в 5 раз в зоне влияния очистных работ.

В результате обработки данных шахтных наблюдений и лабораторных исследований получены корреляционные зависимости смещения пород кровли в подготовительных выработках вне зоны и в зоне влияния очистных работ.

Для выработок вне зоны влияния очистных работ

$$U = 187,18 - 15,27 \cdot \sigma_{сж} + 1,01 \cdot H + 0,12 \cdot \sigma_{сж}^2 - 3,6 \cdot 10^{-4} \cdot H^2,$$

где U – величина смещения пород кровли, мм; $\sigma_{сж}$ – предел прочности пород кровли при сжатии, МПа; H – глубина расположения выработки, м.

При множественном корреляционном отношении тесноты связи между параметрами $R = 0,89$.

Для выработок в зоне влияния очистных работ

$$U = 236,16 - 14,57 \cdot \sigma_{сж} + 1,9 \cdot H + 0,06 \cdot \sigma_{сж}^2 - 0,001 \cdot H^2,$$

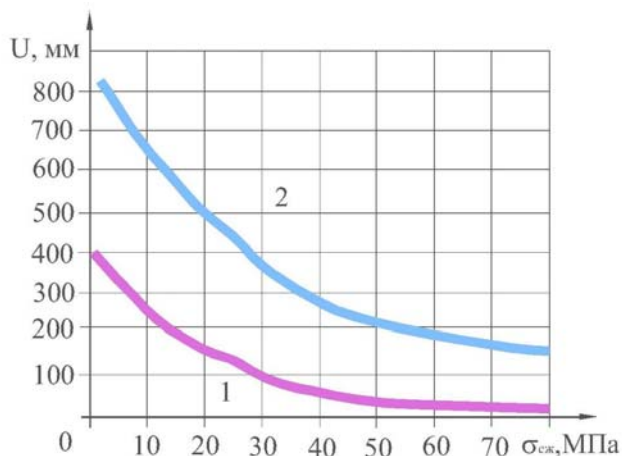


Рис. 8. График смещений пород кровли выработок в зависимости от прочности алевролитов при сжатии: 1 - вне зоны влияния очистных работ; 2 - в зоне влияния очистных работ

Множественное корреляционное отношение тесноты связи между параметрами $R = 0,86$.

Уравнения справедливы при $\sigma_{сж} = 5 - 70$ МПа, глубине расположения 300 – 600 м в условиях шахт Кузбасса.

Экспериментальные наблюдения за устойчивостью породных обнажений в зависимости от применяемого типа крепи и влияние реакции крепи на смещения пород кровли в откаточных и вентиляционных штреках, проводились на пластах Полысаевский – 1, Мощный и Полысаевский – 2.

На шахтах Кузбасса охрана подготовительных выработок осуществляется тремя способами: массивом угля с обеих сторон выработок,

массивом угля с одной стороны и целиком угля с другой стороны, целиками угля с одной стороны и выработанным пространством (бесцеликовый).

Бесцеликовый способ охраны выработок осуществляется тремя схемами: выработки проводят в краевой части массива угля очередного яруса (столба) с оставлением у выработанного пространства сплошной полосы (ограждающей) угля шириной до 3 – 4 м; выработку сохраняют на границе с выработанным пространством и используют повторно при отработке соседнего столба; между выемочными штреками соседних ярусов оставляют временный целик угля и вынимают его при отработке второго столба. Третья схема частично применяется в комбинированном виде: выработку проводят с оставлением целика угля до встречи с очистным забоем соседнего столба, а за ним поворачивают ее к выработанному пространству и в дальнейшем проводят на границе с выработанным пространством с оставлением угольной ограждающей полосы шириной 3 – 4 м.

Анализ статистической отчетности и планов горных работ показал, что за период 2000 – 2002 гг. из общей протяженности подготовительных выработок 15 % охраняются целиками угля, бесцеликовым способом с проведением выработок непосредственно на контакте с выработанным пространством 3 %, в присечку выработанному пространству с оставлением у штреков со стороны выработанного пространства ограждающей полосы угля шириной до 3 – 4 м – 47 %, с повторным использованием штреков – 5 % и в угольном массиве с погашением штреков за лавой – 30 %.

Обобщение накопленного опыта охраны подготовительных выработок различными способами в условиях шахт бассейна показывает следующее. С переходом на глубины разработки более 300 – 350 м оставляемые возле выемочных штреков лав целики угля шириной 12 – 16 м не обеспечивают их устойчивость и нормальное эксплуатационное состояние. За срок службы (не более 3 лет) приходится до 25 – 30 % общей протяженности штреков ремонтировать и перекреплять. На этих глубинах в зоне влияния очистных работ опасно деформируется часть уклонов и бремсбергов, охраняемых целиками угля шириной 40 – 50 м. Наиболее сильно это проявляется в уклонах и бремсбергах по пластам с труднообрушающимися породами основной кровли (пласты Полысаевский-1, Байкаимский, Поленовский и др.).

С углублением горных работ наблюдается резкое увеличение опорного давления на угольные полосы (целики угля небольшой ширины), оставляемые возле присечных выработок со стороны выработанного пространства. Часть присечных выработок настолько деформируется, что приходится проводить новые выработки на расстоянии до 25 – 30 м от краевой части массива угля. Вследствие чего в последнее время намечается переход от проведения выемочных штреков лав соседних столбов вприсечку к выработанному

пространству с оставлением ограждающей полосы угля шириной до 4 м и к способу охраны с оставлением между столбами предохранительного целика с одновременной его выемкой при отработке соседнего столба. Однако вопросы, связанные с определением протяженности зоны и степени проявления опорного давления в окрестности очистных выработок, а также определению необходимых размеров целика угля между соседними столбами, при которых, исключается опасное влияние очистных работ в первом столбе на состояние выемочного штрека у целика второго столба, пока слабо изучены.

Проведение выработок с оставлением целика до встречи с очистным забоем в соседнем столбе, а затем отрабатывают лаву, и проводят выработку непосредственно на границе с обрушенными породами или с оставлением полосы угля шириной 3 – 4 м, выработки испытывают повышенное проявление опорного давления и обрушение пород в выработанном пространстве первого столба. На участке встречи подготовительного и очистного забоев зачастую происходят опасные деформации и обрушения пород в проводимой выработке.

Обработка материалов обследования горных выработок и накопленного практического опыта показывает, что на верхних горизонтах (250 – 300 м) в условиях шахт Кузбасса опасно деформируется и требует ремонта около 7 % общей протяженности поддерживаемых выработок на нижних горизонтах (350 – 450 м) – 30 – 35 %, из общего объема деформаций подготовительных выработок и крепи примерно 95 % приходится на выемочные штреки лав, охраняемых целиками и бесцеликовым способами.

На рис. 9 приведен характерный график смещений пород кровли в вентиляционном штреке лавы № 813 по пласту Полысаевский – 2 шахта «им. 7 Ноября». Штрек проводили комбайном площадью сечения 11 м², глубина расположения 140 м, крепь – анкерная. Выработка охранялась в массиве угля и погашалась вслед за забоем лавы, длина лавы 150 м.

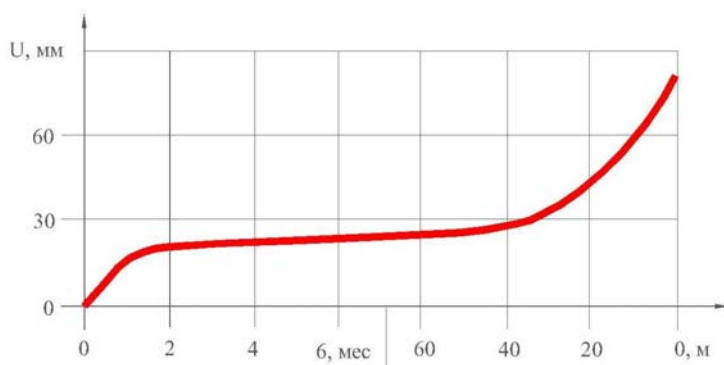


Рис. 9. График величины смещения пород кровли в вентиляционном штреке лавы № 813 по пласту Полысаевский – 2

Мощность пласта 2,7 м, угол падения 5°. Кровля представлена среднезернистым песчаником с пределом прочности при сжатии 35 – 45 МПа.

Анализ и обобщение результатов выполненных исследований позволил установить следующее.

На сопряжении штрека с забоем лавы (рис. 9) в момент погашения штрека, смещение кровли и почвы со стороны лавы

составили в среднем 80 мм, со стороны массива 55 мм.

Установлено, что выработки, охраняемые в массиве угля и погашаемые вслед за очистным забоем по мере его подвигания не испытывают большого влияния опорного давления. В них за срок службы смещение кровли представленной прочными породами, обычно не превышает 40 – 50 мм, породами средней прочности – 70 – 90 мм и слабыми породами 110 – 150 мм. Влияние опорного давления на выемочные штреки на глубине 130 – 160 м, распространяется на 20 – 25 м впереди забоя лавы, расположенные на глубине 400 м – 40 – 50 м. До попадания в зону влияния очистных работ смещение кровли по бокам выемочных штреков происходит обычно равномерно, в зоне влияния очистных работ протекает в 1,5 – 2,5 раза быстрее со стороны лавы, чем со стороны массива угля.

Выполненные исследования показывают, что способ охраны подготовительных выработок в массиве угля обеспечивает обычно их устойчивость и нормальное эксплуатационное состояние, как вне зоны влияния очистных работ, так и в зоне влияния очистных работ при погашении штреков вслед за забоем лавы.

Анализ результатов наблюдений свидетельствует, что величина смещений пород и устойчивость выработок, охраняемых от выработанного пространства целиком угля, в

большей мере зависят, при одной и той же ширине целика и прочих равных условиях, от разрыва во времени между отработкой соседней очистной выработки и проведением на границе с ней подготовительной выработки и от направления движения забоя очистной и подготовительной выработок относительно друг друга.

Выявлено, что в штреках, которые проводили через 10 – 12 мес. и более после отработки соседней лавы смещение пород кровли за срок службы в 1,8 – 2 раза меньше, чем в штреках, которые проводили до отработки соседнего столба и в 2,8 – 3 раза меньше, чем в штреках, которые проводили навстречу соседней лаве.

Участки штреков проводимых через 10 – 12 мес. после отработки соседней лавы (после затухания сдвижения и обрушения пород в выработанном пространстве) находились в основном в удовлетворительном эксплуатационном состоянии на протяжении всего срока службы, в то время как другие участки пришлось ремонтировать (перекреплять).

В связи с резким усложнением поддержания выработок на глубине более 300 – 350 м, как целиками угля небольших размеров, так и рассмотренными выше бесцеликовыми способами, на шахтах в последние годы часть пластов отработывают с оставлением между выемочными выработками на границе соседних столбов лав временного целика с последующей выемкой его одновременно со вторым столбом.

Данный способ подготовки смежных лав и охраны выработок заключается в том, что выемочные штреки на границе соседних столбов проводят одновременно или независимо друг от друга с оставлением целика между ними шириной от 20 до 40 м. По мере отработки первой из соседних лав частично сохраняют штрек, прилегающий к целику, для отвода отработанного воздуха.

На рис. 10. приведены результаты наблюдений за смещениями пород кровли в вентиляционных штреках лав 1830, 1831, 1832 по пласту Толмачевский (шахта «Комсомолец»), которые охранялись со стороны выработанного пространства соседних лав временным целиком угля шириной соответственно 10, 20 и 30 м. Целики вынимали по мере отработки второй соседней лавы. Площадь сечения штреков 10 – 11 м², крепь смешанная, глубина расположения штреков соответственно 250, 300 и 350 м. Мощность пласта 2 – 2,3 м, угол падения 4 – 8°. Непосредственная кровля пласта сложена мелкозернистым алевролитом

средней прочности.

Ширина временного предохранительного целика оказывает очень большое влияние на устойчивости выработок (рис. 10). При ширине целика 10 м смещение пород кровли в штреке на глубине 250 м составило от 350 до 430 мм, при ширине целика 20 м и на глубине 300 м – от 110 до 150 мм, и при 30 м – от 65 до 80 мм.

Анализ материалов исследований показывает, что в условиях шахт Кузбасса при бесцеликовым способе охраны выемочные штреки лав не испытывают вредного взаимного влияния очистных и подготовительных работ в соседних столбах при ширине временного целика не менее: 23 – 25 м – глубине

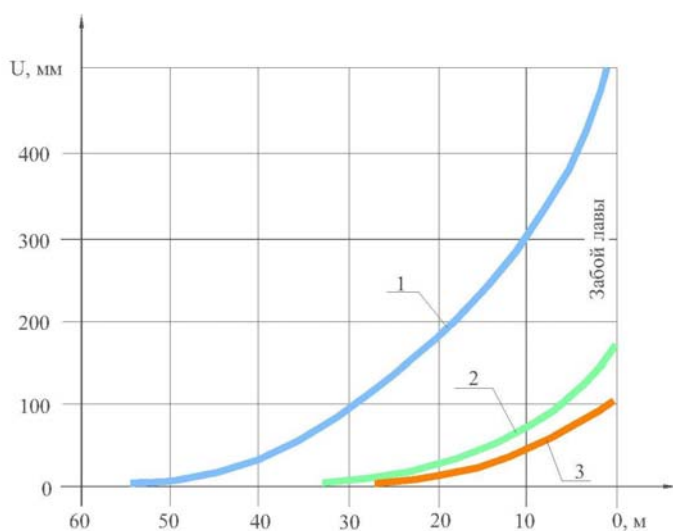


Рис. 10. График смещений кровли в вентиляционных штреках лав, которые сохранялись со стороны выработанного пространства соседней лавы целиком угля, извлекаемым вместе с очистными работами: 1 – в штреке лавы № 1830, глубина расположения 250 м, ширина целика 10 м; 2 – в штреке лавы № 1831, глубина расположения 300 м, ширина целика 20 м; 3 – в штреке лавы № 1832, глубина расположения 320 м, ширина целика 30 м

расположения 250 м, 30 – 35 м – на глубине расположения 300 м и 35 – 40 м – 400 м.

При такой ширине временного межстолбового целика данный способ охраны является более благоприятным по геомеханическим условиям и на нижних горизонтах (более

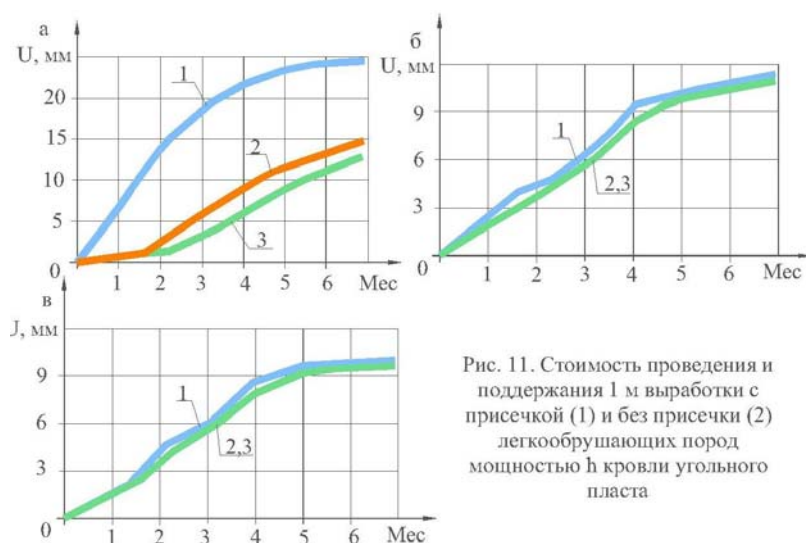
250 – 300 м), он имеет значительное преимущество перед другими способами охраны выработок.

3. разработаны и обоснованы способы повышения устойчивости породных обнажений в горизонтальных горных выработках, как на стадии проектирования, так и стадии сооружения, заключающиеся в проведении выработок с присечкой и без нее, проведение без оставления угольных пачек, проведении квершлага, проведение в зонах геологических нарушений и эффективности работы анкерной крепи. В результате внедрения экономический эффект от разработанных способов обеспечит снижение стоимости поддержания 1 м горных выработок в среднем на 41 руб. (в ценах 1986 г).

На основе результатов лабораторных и натурных исследований разработаны способы и средства обеспечения устойчивости породных обнажений и обоснованы основные их параметры в горизонтальных выработках на стадии проведения. Выработки по угольным пластам с легкообрушающимися породами непосредственной кровли обычно общей мощностью до 0,5 – 0,6 м, следует проводить с присечкой этих пород. Их сила сцепления P с вышележащими породами меньше или равна весу G пород, т.е. $P \leq G$ и они обрушаются в момент обнажения или спустя некоторое время на крепь выработок вследствие чего нарушается их устойчивость и значительно возрастают затраты на крепление и ремонт выработок. Увеличиваются объемы заделки вывалов в кровле крепежными материалами (выкладка костров и др.) и трудоемкость работ. По данным лабораторных испытаний сила сцепления тонкослоистых и трещиноватых легкообрушающихся пород указанной мощности с вышележащими породами кровли составляет от 0,06 до 0,27 МПа, в то время как сила сцепления по контактам слабослоистых и слаботрещиноватых вышележащих пород 4,5 – 7,2 МПа.

Проведение выемочных штреков и других горизонтальных выработок с присечкой легкообрушающихся пород кровли приводит к увеличению площади поперечного сечения на 9 – 18 % по сравнению с проходкой их, при прочих равных условиях, без присечки и выемки этих пород. Однако анализом фактических данных выявлено, что в условиях шахт Кузбасса стоимость проведения и поддержания 1 м выемочного штрека с присечкой и выемкой легкообрушающихся пород кровли мощностью 0,5 – 0,6 м за срок службы в среднем в 1,8 – 2 раза ниже, чем при проходке без полной выемки пород, что связано главным образом с затратами на крепление и поддержание выработок.

Проведение смешанным забоем выработок по пластам с кровлей средней устойчивости и устойчивой (коэффициент структурного ослабления пород $K_c \geq 0,6$ расстояние между основными поверхностями ослабления $\theta_0 \geq 0,7$ м, $\sigma_{сж} \geq 45$ МПа) без присечки пород кровли обеспечивает по сравнению с присечкой снижение их смещения в 1,3 – 1,4 раза. Проходка выработок с присечкой пород кровли пласта, в особенности прочных и



слоистых, приводит к образованию неровностей расслоением кровли. По данным исследований на моделях из оптически активных материалов коэффициент концентрации напряжений в местах неровностей, впадин составляет 2,5 – 3 (по отношению к напряжениям в соответствующих точках гладкой кровли). Неровности кровли особенно отрицательно влияют на работу анкерной крепи, так как начальным

натяжением анкеров при установке формируется от очень неравномерного поля напряжений в закрепляемых породах.

Весьма существенное повышение устойчивости породных обнажений и выработок достигается при креплении их анкерной крепью. Однако при этом деформации и расслоения заанкерованных пород в большой мере зависят от величины натяжения анкеров при установке, так как ими обеспечивается в значительной степени совместная работа закрепляемых пород как единая толща. Для выявления оптимальной величины натяжения анкеров при установке проводились специальные инструментальные наблюдения в выемочных штреках с типичными условиями на шахтах Полысаевская, Кольчугинская, им. 7 ноября Ленинского района ОАО УК «Кузбассуголь». На опытных участках анкеры устанавливались с начальным натяжением 30, 40 и 50 кН. На рис. 11. приведены характерные графики смещения слоистых пород кровли в выемочном штреке площадью сечения 11,6 м², длина анкеров 2,2 м, плотность установки анкеров 1,2 ан/м² кровли, предел прочности пород кровли $\sigma_{сж} = 43 - 46$ МПа.

Выполненными исследованиями установлено, что оптимальная величина натяжения анкеров в однородных породах массивной текстуры составляет 30 – 35 кН, в слоистых, трещиноватых и других макродефектных породах 40 – 45 кН.

Установка анкеров с натяжением 40 и 50 кН не оказывает существенное влияние, как на деформацию закрепляемых пород кровли, так и на величину их смещения.

Обоснована целесообразность и эффективность проведения выемочных штреков по мощным (в большинстве не более 4,5 – 5 м), по пологим и наклонным пластам без оставления угольных пачек и толщ у кровли пласта. По данным лабораторных испытаний сила сцепления их с породами кровли пласта составляет в основном менее 0,4 – 0,6 МПа и она существенно меньше, чем между сравнительно однородными пачками угля и по этому они отделяются на контакте с кровлей и обрушаются на крепь в процессе проведения или эксплуатации выработки. Пачки угля мощностью до 0,5 – 0,6 м довольно часто обрушаются на крепь при проходке выработок с отставанием от забоя на 60 – 80 м, пачки и толщи общей мощности до 1,5 – 2 м – в зоне повышенного опорного давления очистных работ. Результаты инструментальных наблюдений показывают, что сооружение выемочных штреков без оставления угольных пачек у кровли пласта обеспечивает существенное повышение устойчивости породных обнажений и выработок и снижение затрат на их поддержание (глава 5).

Наиболее широко представлены мощные пологие и наклонные пласты в Томусинском, Ерунаковском, Кондомском и Беловском районах.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Диссертация является научной классификационной работой, в которой содержится решение задачи обоснования и выбора способов повышения устойчивости породных обнажений горизонтальных горных выработок на стадии их проведения, обеспечивающих безопасное их поддержания при минимальных затратах на проведение, крепление и поддержание выработок, имеющей существенное значение для разработки угольных месторождений.

Основные результаты, выводы и рекомендации заключаются в следующем:

1. установлено, что в процессе проведения общей протяженности горизонтальных горных выработок около 58 % породных обнажений теряют устойчивость непосредственно при обнажении или спустя некоторое время после обнажения приводящих к снижению скорости проведения выработок на 40 – 50 %, увеличению расходов на крепление и поддержание выработок на 20 – 30 %, кроме того, 35 – 40 % несчастных случаев происходит непосредственно при проведении горных выработок. Существующие рекомендации, повышающие устойчивость породных обнажений не в полной мере могут дать необходимые сведения для своевременного уточнения и принятия мер по повышению устойчивости и снижению травматизма в процессе сооружения и поддержания горных выработок;

2. в результате анализа видов форм потери устойчивости были определены наиболее характерные формы: параболическая, встречающаяся в однородных породах с пределом прочности при сжатии ($\sigma_{сж}$) до 30 МПа, трещиноватых, с расстоянием между трещинами ($\ell_{тр}$) 0,01 – 0,1 м (более 8 трещин на 1 м); сводчатая циркулярная образующаяся при вывале меньше или равном полупролету выработки, в однородных породах $\sigma_{сж} = 25 - 45$ МПа, разнослоистых, трещиноватых, $\ell_{тр} = 0,1 - 0,2$ м; сводчатая полуциркулярная образуется, при вывале равном или более полупролету выработки, $\sigma_{сж} = 30 - 40$ МПа, $\ell_{тр} = 0,2 - 0,3$ м; трапециевидная образующаяся в основном из-за малого сцепления между слоями ($m_{сл}$), мощность которых 0,2 – 0,6 м, $\sigma_{сж} = 25 - 40$ МПа;
3. в ходе работы были определены наиболее влияющие горно-геологические факторы влияющие на устойчивость породного обнажения и на основе натурных наблюдений, лабораторных исследований и анализа были получены следующие их показатели: слоистость - при прочности слоев на одноосное сжатие 50 – 60 МПа и мощности их более 0,8 м породные обнажения кровли сохраняют устойчивое состояние свыше 2 часов, при мощности слоя от 0,1 до 0,4 м и прочности пород при сжатии до 40 МПа время устойчивого состояния сохраняется в пределах одного часа, а при мощности слоев менее 0,1 м, что характерно для ложной кровли, время их устойчивого состояния составляет до 10 – 20 мин; трещиноватость - в сильнотрещиноватых, нарушенных породах, залегающих в основном над угольными пластами (преимущественно ложная кровля), с расстоянием между трещинами от 0,01 – 0,2 м, их устойчивость обычно не превышает 20 мин, породы слабые, сильнотрещиноватые от 0,3 – 0,5 м, с пределом прочности при сжатии 20 – 40 МПа, устойчивы в течение 0,5–1,5 ч, породы массивные, трещиноватые 0,6 – 1 м, прочность 40 – 50 МПа, устойчивы в течение 2 – 3,5 ч; влажность - песчаники на карбонатном цементе при увеличении влажности теряют прочностные характеристики примерно на 5 %, алевролиты на кремнистом и карбонатно-кремнистом цементе – 14 %, алевролиты с глинистым цементом – 20 – 30 %, аргиллиты – 40 – 60 % и углистые аргиллиты до 80 %. Вследствие проведенной изыскательской работы и обобщения полученных результатов горно-геологических факторов была разработана классификация пород по устойчивости включающая в себя 6 групп устойчивости делящихся по площади обнажения и времени его сохранения без проявления опасных деформаций.
4. по результатам натурных наблюдений и анализа горнотехнических и технологических факторов на наш взгляд определяющих основное влияние на устойчивость породного обнажения были получены следующие результаты: ширина выработки - при увеличении ширины выработки от 4 до 6 м смещения в выработке увеличиваются на 23 – 28 %; глубина расположения - увеличение глубины расположения от 150 до 600 м в пластах мощностью 1,6 – 2,5 м привело к росту смещения кровли в породах с $\sigma_{сж} < 45$ МПа в 3 – 3,5 раза, в породах $\sigma_{сж} = 45 - 80$ МПа – в 2 – 2,4 раза; натяжения анкеров – для слоистых и других макродефектных пород оптимальная величина составляет 40 – 45 кН, для пород однородной массивной структуры 30 – 35 кН; способ охраны выработки – в массиве угля - смещение кровли, представленной прочными породами, обычно не превышает 40 – 50 мм, породами средней прочности – 70 – 90 мм и слабыми породами – 110 – 150 мм. Влияние опорного давления на выемочные штреки на глубине 130 – 160 м распространяется на 20 – 25 м впереди забоя лавы, а на глубине 400 м – на 40 – 50 м. До попадания в зону влияния очистных работ смещение кровли по бокам выемочных штреков происходит обычно равномерно, в зоне влияния очистных работ протекает в 1,5 – 2,5 раза быстрее со стороны лавы, чем со стороны массива угля; массив угля - целик - в штреках, которые проводили через 10 – 12 мес. и более после отработки соседней лавы, смещение пород кровли за срок службы в 1,8 – 2 раза меньше, чем в штреках, которые проводили до отработки соседнего столба, и в 2,8 – 3 раза меньше, чем в штреках, которые проводили навстречу соседней лаве; бесцеликовый - выемочные штреки лав не испытывают вредного взаимного влияния

очистных и подготовительных работ в соседних столбах при ширине временного целика: не менее 23 – 25 м – на глубине расположения 250 м, 30 – 35 м – на глубине расположения 300 м и 35 – 40 м – на глубине расположения 400 м;

5. на основе проведенных лабораторных и натурных исследований разработана классификация пород по устойчивости, состоящая по условиям горно-геологических факторов из 6 групп: мощность слоя, расстояние между трещинами, прочность пород при сжатии, влажность, допустимая площадь обнажения и время устойчивого состояния без крепи;
6. установлено, что при прочности пород менее 30 МПа и при расстоянии между поверхностями ослабления менее 0,01 – 0,15 м породы кровли теряют устойчивость сразу после обнажения или в течение первых 20 – 30 мин. При расстоянии между поверхностями ослабления 0,4 – 0,6 м теряют устойчивость через 1 – 1,5 ч на площади обнажения 3 – 5 м²;
7. разработаны и обоснованы способы обеспечения устойчивости породных обнажений горизонтальных горных выработок угольных шахт на стадии их проведения при общем расчетным среднегодовым экономическим эффектом от применения разработанных способов на шахтах Кузбасса, составляет 11 млн руб. Реализация разработок и рекомендаций обеспечит снижение стоимости поддержания 1 м горных выработок в среднем на 41 руб., общий среднегодовой экономический эффект составит 13,5 тыс. руб. на 1 м проведения выработки.

Основные положения диссертации опубликованы в следующих работах:

1. Третенков, И.В. Влияние устойчивости породных обнажений в проводимых горных выработках на безопасность проходческих работ / И.В. Третенков // Безопасность жизнедеятельности предприятий в угольных регионах: Материалы IV Междунар. науч.-практ. конф. – Кемерово, 2000. – С. 85 – 87.
2. Третенков, И.В. Результаты исследования устойчивости породных обнажений в призабойном пространстве проводимых горных выработок / И.В. Третенков // Совершенствование технологических процессов при разработке месторождений полезных ископаемых: Материалы конф., посвящ. 70-летию со дня рождения д-ра техн. наук, проф., заслуж. шахтера РФ, действит. члена Рос. академии естеств. наук В.В. Егошина, 19 июля 2001 г. – Кемерово, 2001. – С. 76 – 79.
3. Третенков, И.В. Исследования влияния слоистости на устойчивость горных пород в призабойном пространстве проводимых горизонтальных и наклонных горных выработок / И.В. Третенков // Вестн. КузГТУ. – 2002. – № 2. – С. 49 – 51.
4. Третенков И.В. Разработка и обоснование способов повышения устойчивости проводимых горных выработок / И.В. Третенков // Материалы II российско-китайского симп. «Строительство подземных сооружений и шахт» // Вестн КузГТУ. – 2002, – № 5. – С. 58 – 62.
5. Третенков, И.В. Влияние горнотехнических факторов на устойчивость породных обнажений выработок и безопасность горно-проходческих работ / И.В. Третенков // Безопасность жизнедеятельности предприятий в угольных регионах: Материалы V Междунар. науч.-практ. конф. – Кемерово, 2002. – С. 96 – 97.
6. Третенков, И.В. Влияние горно-геологических факторов на устойчивость пород в призабойном пространстве проводимых горных выработок / И.В. Третенков // II Областная научная конференция «Молодые ученые Кузбассу»: Сб. тр. – Кемерово: Полиграф, 2003. – С. 277 – 278.
7. Третенков, И.В. Обоснование эффективности присечки горных пород в проводимых горных выработках / И.В. Третенков // Совершенствование методов поиска и разведки, технологии добычи и переработки полезных ископаемых: Сборник материалов Всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. – Красноярск, 2003. – С. 77 – 79.

8. Третенков, И.В. Результаты исследования влияния горно-геологических, горнотехнических и технологических факторов на устойчивость породных обнажений в проводимых горизонтальных горных выработках / В.А. Шаламанов, Г.Г. Штумпф, И.В. Третенков. // ТЭК и ресурсы Кузбасса. – Кемерово, 2003. № 2. – С. 109 – 121.
9. Третенков, И.В. Обоснование эффективности мероприятий повышения устойчивости породных обнажений в проводимых горных выработках / В.А. Шаламанов, И.В. Третенков // Дело всей жизни: Сборник материалов, посвященный 60-летию со дня рождения д.т.н., проф. В.В. Курехина. – Кемерово, 2004. – С 92 – 101.
10. Третенков, И.В. Исследование влияния геомеханических факторов и разработка способов повышения устойчивости породного обнажения в проводимых горизонтальных горных выработках / В.Г. Лукьянов, И.В. Третенков // Известия ТПУ – 2007. – Т. 311. – № 1. – С. 97–102.