

учетом последних вводимых обозначений, могут быть удобно структурированы и формализованы, несмотря на реальную конструкционную сложность и типовое разнообразие. Сформированные динамические и математические модели (4) позволяют с заданной доверительной вероятностью осуществить численное моделирование динамики колебательных процессов, протекающих как в штатных, так и в аварийных режимах работы бурового оборудования.

Библиографический список

1. **Мещеряков Л.И.** Основы энергоинформационного диагностирования горных электромеханических систем // Сб. науч. трудов. НГАУ. №10. — Днепропетровск, 2000. — С. 179–185.
2. **Дудля М.А.** Автоматизація процесів буріння свердловин: Підручник — К.: Вища шк., 1996. — 256 с.
3. **Бреннер В.А., Каралюс А.А., Палев П.П., Солод В.И.** Динамика проходческих комбайнов. — М.: Машиностроение, 1977. — 224 с.
4. **Мещеряков Л.И.** Математические основы построения дисперсионных диагностических моделей горных электромеханических систем. — Вибрации в технике и технологиях, 2002. — №1(22). — С. 41–44.
5. **Мещеряков Л.И.** Дисперсионные алгоритмы идентификации в информационно-аналитических системах техногенной безопасности // Сб. науч. трудов. НГАУ. №12, том 1. — Днепропетровск, 2001. — С. 233–239.

© Мещеряков Л.И., Дудля Н.А., 2005

УДК 622.273

Канд.техн.наук ПИЛЮГИН В.И. (ДонНТУ)

ГРАФИЧЕСКОЕ ВОССОЗДАНИЕ СТРУКТУРЫ ТЕХНОГЕННОЙ НАРУШЕННОСТИ ПОРОДНОГО МАССИВА ОЧИСТНЫМИ РАБОТАМИ

Донецко-Макеевский угленосный район Донбасса является одним из старейших регионов по добыче угля на территории бывшего СССР. Интенсивная разработка здесь ведется уже более столетия. За этот период добыты миллиарды тонн полезного ископаемого, построены и закрыты сотни глубоких и мелких шахт, вынуты огромные угленосные площади.

Так как многие шахты уже давно отработали наиболее продуктивные пласты верхних угленосных свит (глубины 500–600 м), в настоящее время ведется разработка запасов коксующихся углей в основном в интервале глубин 900–1400 м. В связи с этим, сложилась ситуация, при которой на отдельных площадях района ведение горных работ осуществляется под техногенно нарушенной породной толщей, испытавшей мощное, а в ряде случаев многократное, воздействие очистных работ. Из-за неполноты извлечения запасов верхних свит (оставления целиков, полос угля, краевых частей остановленных лав и т.д.) и влияния временного фактора в подработанной толще сформировались зоны повышенных напряжений и разгрузки. Эту геомеханическую особенность вмещающего горного массива необходимо учитывать при планировании и ведении горных работ на действующих шахтах.

Для правильного и достоверного учета техногенных факторов при планировании развития горных работ необходимы специальные широкомасштабные исследования, раскрывающие особенности поведения многократно и бессистемно надработанного массива при ведении очистной выемки. Эта проблема ранее не ставилась.

Однако ряд крупных аварий, произошедших на глубоких шахтах Донецко-Макеевского района, показывает ее актуальность [1].

На малых и средних глубинах выемка пологих угольных пластов средней мощности велась без учета возможного негативного ее влияния на нижерасположенные запасы. В силу этого было оставлено достаточно большое количество техногенных концентраторов напряжений, а именно охранных целиков, краевых частей, угольных полос и т.д. В объемном представлении в массиве сложилась очень сложная горно-техническая ситуация, характеризующаяся неравномерным распределением действующих напряжений и физико-механических свойств вмещающих осадочных пород. Такое исходное состояние толщи в ряде случаев может приводить к крайне негативным последствиям при ее подработке.

Традиционно при исследовании геомеханических процессов используются аналитические методы, методы физического моделирования и натурные эксперименты [2–4]. В силу труднодоступности и недостаточной изученности физико-механических свойств техногенно нарушенной толщи как среды, аналитические методы при прогнозировании условий отработки угольных пластов неприменимы. Весьма проблематичным является также использование и физического моделирования, которое не может отразить все многообразие горно-технических ситуаций и учесть фактор времени. В связи с этим, проанализируем возможность натуральных методов для решения поставленной задачи.

При выполнении натурального эксперимента в шахтных условиях исследователь в большинстве случаев получает зависимости некоторых геомеханических параметров поведения или реакции массива (смещения, деформации, давления, напряжения и т.д.) с пространственно-временными факторами (время, расстояние от забоя и т.д.). Эти зависимости характеризуются высокой степенью достоверности применительно к условиям эксперимента. Однако для их определения требуются значительные затраты материальных средств и времени.

Получить достоверную информацию о протекании геомеханических и газодинамических процессов в массиве при ведении горных работ в условиях конкретной шахты можно и без выполнения натуральных экспериментов. Дело в том, что достаточно значительная ее часть отражается в основном графическом документе угольной шахты — плане горных работ. Это данные о положении и времени проявления выбросов угля и газа, горных ударов, суфляров, обрушений пород кровли в очистных и подготовительных забоях и т.д. Если перечисленные геомеханические, газодинамические и динамические явления, зачастую сопровождавшиеся аварийными ситуациями, совместить на плане горных работ с расположением техногенных концентраторов напряжений, которые имеются в нарушенном горном массиве, откроется новый массив достоверной информации. Этот массив является отражением тех реальных проявлений горного давления, которые произошли при ведении горных работ в условиях шахты. По достоверности такие данные не уступают результатам натуральных экспериментов. Следовательно, на основании их анализа можно исследовать причины и пространственно-временные факторы, предопределяющие эти проявления, а также прогнозировать их в будущем.

Проиллюстрируем возможности нового метода исследования применительно к объяснению ряда динамических проявлений горного давления, произошедших при отработке пласта m_3 в условиях шахты им. В.М.Бажанова.

Шахта им. В.М. Бажанова ведет отработку одного пласта m_3 Александровский свиты C_2^7 Горловская. Его мощность изменяется в пределах 1,5–2,0 м, угол падения 6–8°, марка угля К. Пласт опасен по внезапным выбросам угля и газа, уголь склонен

к самовозгоранию, при выемке угля наблюдаются суфлярные выделения метана. Глубина ведения очистных работ — 1150–1250 м. Непосредственная кровля — глинистые сланцы средней устойчивости мощностью не более 13 м, прочность их на сжатие 40 МПа. Непосредственная почва — глинисто-песчаные сланцы, склонные к выдавливанию в горные породы. Интенсивность выдавливания их резко возрастает при увлажнении и размокании. При отработке запасов пласта применяется погоризонтная схема подготовки шахтного поля. Система разработки в основном столбовая с ведением очистных работ лавами по падению и восстанию пласта.

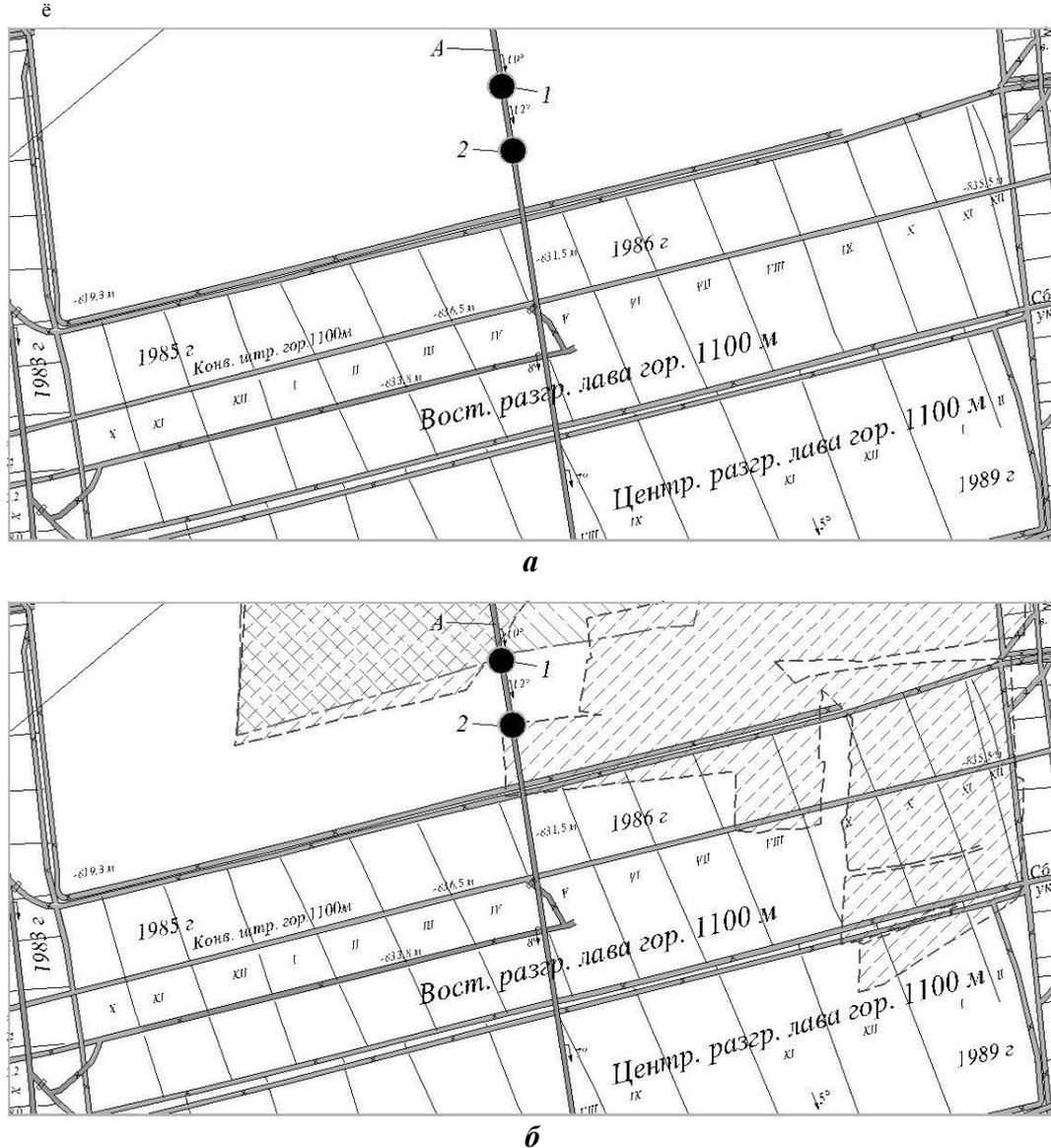


Рис. 1. Расположение полевого уклона пласта m_3 шахты им. В.М.Бажанова: *а* — выкопировка из плана горных работ; *б* — то же, после воссоздания техногенной нарушенности; А — полево уклон; 1, 2 — места горных ударов (пунктиром показаны границы целиков по пластам n_1^B и n_1^H , выработанные пространства заштрихованы)

В подрабатываемой толще пород примерно 800 м по нормали выше пласта m_3 в 70-ые годы завершена отработка двух тонких пластов n_1^B n_1^H . Мощность каждого из них изменялась от 0,6 до 0,9 м, угол падения 6–10°, мощность междупластья 4–

16 м, вмещающие породы — глинистые и песчаные сланцы средней устойчивости. После извлечения запасов в пластах оставлено большое количество целиков и угольных участков (их запасы списаны).

Горные работы на пласте m_3 вели как в условиях одиночного пласта. Когда назрела необходимость вести отработку запасов в уклонной части шахтного поля, было принято решение непосредственно от околоствольного двора от гор. 1012 м до 1100 м пройти полевой уклон для подачи свежей струи воздуха и мехдоставки материалов (рис 1, а). Уклон расположили в песчаных сланцах основной кровли выше пласта на 13,5 м. Площадь его сечения составляла $15,2 \text{ м}^2$, проходку осуществляли комбайном, крепь — трехзвенные металлоарки из спецпрофиля СВП-27 через 0,8 м, затяжка — железобетонная. Характерно, что часть уклона длиной 660 м расположена над охраняемым околоствольным целиком угля, а его вторая часть длиной 430 м — в подработанной и уплотненной толще пород кровли пласта после выемки угля восточной и центральной разгрузочными лавами гор. 1100 м.

Во время проведения полевого уклона в нем произошло два горных удара типа «толчков». Места их проявлений обозначены жирными точками 1 и 2 (см. рис.1, а). Первый удар был в мае 1996 г, длина пройденного уклона составляла 540 м, до створа его забоя с границей околоствольного целика по падению еще оставалось 120 м. Последствия удара: разрушение окружающих пород; быстрое обжатие крепи с практически полной потерей ее податливости на участке от забоя около 10 м; массовое разрушение на этом участке железобетонных затяжек. При появлении первых звуковых признаков необычного поведения окружающих пород бригада проходчиков срочно удалились с рабочего места на безопасное расстояние.

Второй горный удар произошел в июле 1996 г, когда отход забоя уклона от места первого удара достиг 75 м. При этом расстояние до створа забоя уклона с границей околоствольного целика составляло всего 45 м. Качественно второй удар был аналогичным первому, но последствия его оказались более опасными и разрушительными: на участке около 80 м от забоя до предела обжата крепь, многие арки деформированы; разрушены железобетонные затяжки; произошло интенсивное выдавливание пород почвы.

На рисунке 1, б представлена та же горно-техническая ситуация с нанесением границ целиков, оставленных после отработки пластов n_1^B n_1^H , т.е. после воссоздания техногенной нарушенности толщи. Его анализ показал, что неблагоприятное геомеханическое состояние массива над околоствольным целиком и вмещающего полевого уклона является результатом длительного (около 20 лет) действия ранее оставленного целика, т.е. техногенного фактора. В частности, на глубине более 1000 м в нетронутом горными работами массиве только исходное гравитационное поле в 2–3 раза больше, чем на малых и средних глубинах. Оставленный в таком массиве околоствольный целик угля на начало проведения уклона уже был оконтурен с трех сторон выработанными пространствами (по простиранию и падению пласта) и изрезан комплексом выработок околоствольного двора и примыкающих к нему. Размеры целика: от гор. 1012 м по падению около 700 м; по простиранию — 940 м. Следовательно, в целике и налегающей на него толще пород существенно возрос уровень напряжений в силу их перераспределения и воздействия опорных давлений. На рассматриваемой глубине длина зоны проявлений последнего в плоскости напластований пород составляет примерно 90–115 м. Вместе с этим, налегающая толща пород более 20 лет была пригружена опорным давлением, которое передавали на нее целики и краевые части массивов угля верхних ранее отработанных пластов n_1^B n_1^H на глубинах 200–250 м. В толще междупластья мощностью около 800 м не имеется пород — мостов (мощных и проч-

ных песчаников и известняков), рассеивающих опорное давление в плоскости напластования и уменьшающих глубину его распространения.

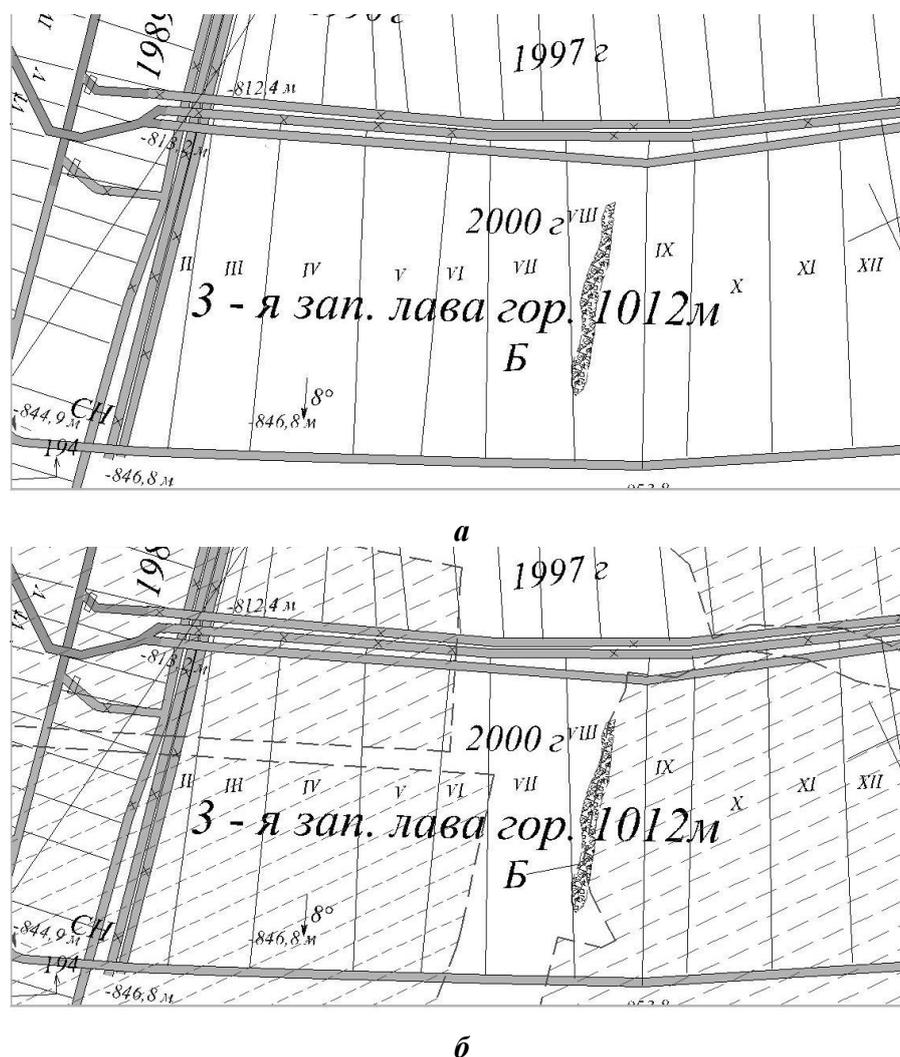


Рис. 2. Расположение выработок 3-й западной лавы; *а* — выкопировка из плана горных работ; *б* — то же, после воссоздания техногенной нарушенности; (пунктиром показаны границы целиков по пластам p_1^B и p_1^H , выработанные пространства заштрихованы)

Характерно, что первый горный удар произошел практически при входе забоя уклона в створ с границами целика и угольного массива соответственно пластов p_1^B p_1^H , а второй — с границами целика шириной 80 м по падению (см. рис.1, *б* точки 1,2). Приуроченность ударов к границам целика дает основание констатировать, что на участке проведения уклона длиной 80 м доля вклада целика в уровне действующих напряжений в породах толщи является достаточно существенной. Важно отметить еще одну особенность. Расстояние от места первого удара в уклоне до границы околоствольного целика по падению равно 120 м, а от места второго удара — 45 м. Даже без учета пригрузки пород воздействием целика старых горных работ длина зоны проявлений стационарного опорного давления на краевую часть угольного массива (но не околоствольного целика) достигает почти 120 м [5]. Это значит, что горные удары произошли в области слияния (объединения) верхней и нижней зон стационарных опорных давлений в толще пород междупластья.

На этой же шахте в 3-й западной лаве гор. 1012 м в августе 2000 г. произошло крупное динамическое обрушение пород кровли (рис.2, а). Длина его 150 м, высота 5 м. Секции механизированной крепи КМ-87 на участке 150 м были посажены «на жестко», из пород кровли начался интенсивный капеж воды. Ранее за весь период работы шахты в лавах не было такого вида обрушений пород кровли, не было также их увлажнения или каких-либо притоков воды в призабойное пространство. Горно-геологические условия выемки угля этой лавой не отличались от условий других лав. Мощность пласта составляла 1,7 м, угол его падения — 8° . Лава отрабатывалась прямым ходом, ее длина — 180 м, скорость продвижения — 40–60 м/мес. Отход лавы от разрезной печи до места обрушения кровли — 250 м.

Как показали результаты графического воссоздания структуры техногенной нарушенности массива, причина динамического обрушения пород кровли заключается в том, что в подрабатываемой лавой толще пород в верхней ее части на глубине около 300 м ранее произведена выемка пласта n_1^B мощностью 0,8–0,9 м и оставлен целик угля. На рис.2, б пунктирными линиями показаны границы выработанных пространств пласта n_1^B , площади их заштрихованы. Размеры целика в проекции на площадь подрабатываемой лавы: ширина у конвейерного штрека около 50 м, у вентиляционного — 90 м. Этот целик-штамп динамично воздействовал на подстилающие породы междупластья всей своей площадью, когда он был полностью подработан. Забой подрабатываемой лавы практически вошел в створ со второй границей целика по простиранию и отход лавы от разрезной печи в среднем составил 230 м. Зона временного опорного давления впереди забоя подрабатываемой лавы, распространяясь в породы междупластья, надо полагать, инициировала дальнейшее ослабление пород налегающей толщи за счет увеличения в них микро- и макротрещиноватости, а полная подработка целика создала условия этому штампу для бурного продавливания подстилающих пород по примерно нормальным к напластованию и ослабленным трещинами плоскостям.

Выводы

Анализ описанных аварийных ситуаций, произошедших при отработке пласта m_3 , показал, что они обусловлены вредным воздействием техногенной нарушенности вмещающего горного массива. Для дальнейшего более глубокого изучения особенностей этого влияния необходимо форсированное создание совмещенных планов горных работ с учетом всех ранее отработанных пластов на малых и средних глубинах. Это позволит осуществить графическое пространственно-временное воссоздание техногенной нарушенности массива очистными работами и разработать методы прогнозирования условий отработки ранее надработанных пологих угольных пластов.

Библиографический список

1. **Пилюгин В.И. и др.** Особенности формирования техногенноопасных зон в горном массиве // Вісті Донецького гірничого інституту, 2004. — № 1. — С. 142–148.
2. **Бульчев И.С.** Механика подземных сооружений в примерах и задачах. — М.: Недра, 1989. — 270 с.
3. **Насонов И.Д.** Моделирование горных процессов. — М.: Недра, 1969. — 204 с.
4. **Черняк И.Л., Бурчаков Ю.И.** Управление горным давлением в подготовительных выработках глубоких шахт. — М.: Недра, 1984. — 304 с.
5. **Указания** по рациональному расположению, охране и поддержанию горных выработок на угольных шахтах СССР. — Л.: ВНИМИ, 1985. — 222 с.

© Пилюгин В.И., 2005