

кротравм (пиодермитов): грудь до 14,7% (до 7,2%), живот 0,9—2,8% (2,8—33,3%), спина 9,1—33,3% (4,8—21,4%), плечи 6,3—18,9% (до 21,4%), предплечья до 36,7% (21,4—50%), локоть до 15,1% (6,5—22,2%), бедро до 17,5% (до 27,8%), ягодицы — 0%, колено до 15,8% (до 19%), голень до 17,4% (4,8—33,3%).

Определялось влияние неисправной спецодежды на микротравмирование кожных покровов. Для этого проведен опрос подземных рабочих с учетом принятого деления их на группы, в процессе которого выявлено, что повреждения спецодежды (разрывы, протертые участки на куртках и брюках в различных областях, изношенность краев, отсутствие застежки) способствовали микротравмированию 16% рабочих I группы, 24% — II и 12% — III. В IV группе случаев травмирования не выявлено. Чтобы оценить тесноту взаимосвязи между локализациями повреждений спецодежды, микротравм и пиодермитов, использовали метод ранговой корреляции и рассчитали коэффициенты  $\rho$  по Спирмену. Существенность связи оценивали по специальным таблицам для уровня значимости  $P=0,1$  [2]. Установлено, что между показателями локализации повреждений спецодежды и возникновением микротравм, заболеваемостью пиодермитами для I, II и III групп рабочих наблюдается устойчивая взаимосвязь ( $\rho=0,714 \dots 0,886$ ), для IV группы она незначима. Для всех групп профессий подземных рабочих установлена устойчивая взаимосвязь между локализацией микротравм и заболеваниями пиодермитами ( $\rho=0,554 \dots 0,942$ ). Труд рабочих IV группы в основном не связан со стесненностью пространства, поэтому непосредственное контактирование с абразивными породами, углем и шероховатыми поверхностями оборудования, приводящее к повреждению спецодежды и микротравмированию тела, наблюдается редко.

Из сказанного следует, что содержание спецодежды в постоянном исправном состоянии — действенное мероприятие по профилактике пиодермитов. В связи с этим на шахтах необходимо внедрить систему профилактических ремонтов и восстановления пропитки спецодежды на основе научно обоснованных параметров. Они определены при исследовании распределения повреждений (отказов) спецодежды и динамики ее водоупорности в промышленных и лабораторных условиях [1]. Рассчитаны наработка  $t_0$  (в календарных днях) спецодежды на повреждение и перепропитку с учетом вида тканей (льняная, полульняная, хлопчатобумажная) и групп профессий подземных рабочих, параметр потока отказов  $\omega_0 = 1/t_0$  и эмпирические коэффициенты  $k_p, k_n$  для расчета среднесуточного потока спецодежды на ремонт и перепропитку в зависимости от длительности ремонтно-восстановительного процесса. На основе исследований Макнии разработана Методика прогнозирования сроков службы спецодежды для шахтеров и определения параметров системы ее восстановления, которая утверждена Минуглепромом СССР. Внедрение научно обоснованных параметров при организации ремонтно-восстановительной системы спецодежды на предприятиях по добыче угля позволит снизить заболеваемость шахтеров пиодермитами, сократить годовые расходы на оплату временной нетрудоспособности рабочих по Минуглепрому СССР.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Овчаренко В. Л. О методе определения срока службы специальной одежды для шахтеров. — Уголь Украины, 1982, № 11, с. 38—39.
2. Руководящие технические материалы: Экспериментально-статистические методы получения математического описания и оптимизации сложных технологических процессов. М.: ОКБА, 1966, вып. 3, 26 с.



УДК 622.831:552.1:53

## ВЛИЯНИЕ ГАЗОНАСЫЩЕНИЯ НА ЭНЕРГОЕМКОСТЬ РАЗРУШЕНИЯ ПЕСЧАНИКОВ

А. Д. АЛЕКСЕЕВ, д-р техн. наук, Н. А. РЯЗАНЦЕВ, инж. (Донецкий ФТИ АН УССР)

Активная роль содержащегося в породах газа в возникновении выбросов признана большинством исследователей. Однако сведения о влиянии газа на физико-механические свойства песчанников довольно противоречивы. Неоднозначность толкования влияния газонасыщения на физико-механические свойства песчанников объясняется многообразием эффектов, связанных с влиянием газа на породы. Отмечается существование трех различных эффектов: пластифицирование, охрупчивание и самопроизвольное диспергирование.

В величине эффективной поверхностной энергии, а значит, и работы разрушения можно выделить четыре составляющие: истинную поверхностную энергию, работу пластической деформации, тепло, выделившееся на поверхностях, и кинетическую энергию раздвижения поверхностей (разлета частиц). Работа пластической деформации на один-два порядка больше, чем истинная поверхностная энергия. При снижении доли последней в энергетическом балансе принято говорить о пластифицировании, а при снижении доли работы деформации — об охрупчивании.

Для изучения влияния газонасыщения на физико-механические свойства песчанников проведены эксперименты по определению прочностных характеристик при одноосном нагружении и при нагружении в объемном неравнокомпонентном поле сжимающих напряжений на установке УНТС [1]. Исследовались также изменения эффективной поверхностной энергии этих песчанников под влиянием газонасыщения [2]. Рассматривалось три типа песчанников: с преимущественно карбонатным, преимущественно глинисто-слюдистым и смешанным (кремнисто-глинисто-слюдистым) цементом. Газонасыщение образцов (5—8 шт. для каждого типа) осуществлялось в специальной герметичной камере, соединенной с баллоном сжатого метана при давлении до 7 МПа. Между баллоном и камерой устанавливался патрон с силикагелем для очистки газа от конденсата (воды, масел и др.). Оказалось, что все три типа песчанников по-разному реагируют на газонасыщение. При одноосном нагружении в песчанниках с преимущественно карбонатным цементом модуль упругости при газонасыщении практически не меняется. Несколько возрастают деформации в направлении сжатия (рис. 1). В пе-

счанниках с преимущественно глинистым и кремнисто-глинистым цементом прочность снижается в 1,5 раза и менее, модуль упругости увеличивается в 1,2—3 раза, деформации в направлении сжатия уменьшаются.

Эффективная поверхностная энергия газонасыщенных песчанников меньше, чем неgasонасыщенных. При карбонатном цементе наблюдается снижение не более чем в 1,2 раза, в песчанниках с силикатным цементом — в 4—6 раз.

Однако наиболее ярко механизм воздействия газа на свойства песчанников проявляется при испытаниях в объемном напряженном состоянии. Деформационные процессы, происходящие в образцах при их нагружении и разгрузке, намного полнее характеризуют относительное изменение объема, учитывающее значение продольных  $\epsilon_1$  и поперечных  $\epsilon_2$  и  $\epsilon_3$  деформаций. Схема нагрузки следующая: до величины  $\gamma H$  (напряжения от веса вышележащих пород) нагружение осуществлялось гидростатически  $\sigma_1 = \sigma_2 = \sigma_3 = 25$  МПа, затем  $\sigma_1$  увеличивалось до предела прочности при двухосном сжатии ( $\sigma_1 = 150 \dots 200$  МПа),  $\sigma_2$  и  $\sigma_3$  формировались за счет бокового распора; после этого разгрузжалась одна грань образца до нуля ( $\sigma_1 > \sigma_2 > \sigma_3 = 0$ ). Вследствие деформаций образца с изменением нагрузки происходит возрастание его объема (дилатансионное разрыхление). Степень разрыхления пропорциональна величине пластической деформации, а работа, затрачиваемая на разрушение, пропорциональна росту объема.

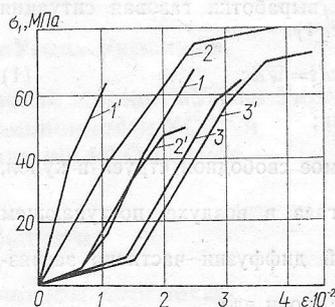


Рис. 1. Графики деформаций  $\sigma$ — $\epsilon$  образцов песчанников при одноосном сжатии:

1 и 1', 2 и 2', 3 и 3' — соответственно неgasонасыщенный и gasонасыщенный (цифра со штрихом) песчанник с глинисто-слюдистым, кремнисто-слюдистым и карбонатным цементом.

Для всех типов газонасыщенных песчанников относительное увеличение объема  $\Delta V/V$  меньше, чем для неgasонасыщенных. Для глинисто-слюдистого и кремнисто-слюдистого песчанника объемные деформации разрушения при газонасыщении в 1,5—2 раза меньше, для песчанников с карбонатным цементом влияние газа незначительно. Работа разрушения в газонасыщенных песчанниках (площадь под кривой увеличения объема на рис. 2) снижается в 4—6 раз. Поскольку истинная поверхностная энергия

на один-два порядка меньше работы пластической деформации, то такое снижение энергии возможно лишь благодаря уменьшению работы пластической деформации, т. е. газонасыщение приводит к охрупчиванию песчаников.

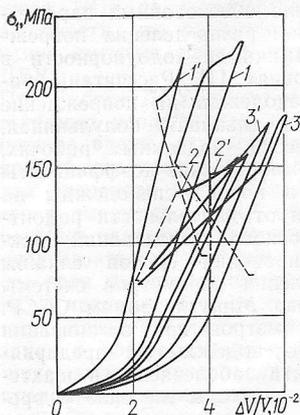


Рис. 2. Графики, характеризующие поведение образцов песчаников в объемном напряженном состоянии:

1 и 1', 2 и 2', 3 и 3' — соответственно негазонасыщенный и газонасыщенный песок с глинистым и кремнисто-слюдистым, глинисто-слюдистым и карбонатным цементом.

Что касается влияния газонасыщения на модуль упругости и прочность пород, то при объемном напряженном состоянии эти изменения ощутимы лишь для песчаников с глинистым и кремнисто-слюдистым цементом. При построении графика зависимости напряжения — деформация в направлении максимального сжимающего напряжения для газонасыщенных песчаников обнаруживается рост деформации, что и отмечается рядом исследователей. Однако это не говорит о снижении модуля упругости и о пластификации песчаников. Наоборот, модуль упругости при газонасыщении увеличивается, а спад напряжений при разрушении свидетельствует об охрупчивании. Анализ данных изменения некоторых параметров для негазо-

насыщенного и газонасыщенного образцов песчаника с кремнисто-слюдистым цементом показал, что объемный модуль деформации во втором случае в 1,2 раза больше, чем в первом, а объемные деформации в 2 раза меньше. В то же время изменения модуля сдвига и коэффициента поперечной деформации незначительны. Это свидетельствует о том, что роль газа как пластификатора мала, физико-химический эффект выражен слабо. Гораздо сильнее проявляется механический эффект газонасыщения за счет роста порового давления. Разрушающее напряжение для газонасыщенного песчаника в 1,1 раза, а остаточная прочность в 2 раза меньше, чем негазонасыщенного. Энергоёмкости разрушения отличаются мало, но резко уменьшается удельная энергия образования единицы новой поверхности из-за повышения степени дробления (величина вновь образованной поверхности в 3 раза больше). При этом происходит перераспределение энергии на пластическое деформирование и образование новых поверхностей. Для негазонасыщенного песчаника затраты энергии непосредственно на образование новых поверхностей составляют 11% от всей энергии разрушения, а для газонасыщенного — 50%.

Таким образом, наличие газа в поровом пространстве песчаников снижает объемную энергоёмкость разрушения в 1,5—2 раза, а удельные затраты на образование единицы новой поверхности — в 4—6 раз. Резко возрастает степень дробления материала. Происходит перераспределение энергий, в результате которого поверхностная энергоёмкость повышается, а объемная энергоёмкость пластического деформирования уменьшается. Модуль деформации при газонасыщении возрастает. Песчаник вследствие газонасыщения становится более жестким и хрупким, что в конечном итоге усугубляет его выбороопасность.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. А. с. 394692 (СССР).
2. Алексеев А. Д., Чехова Г. Г. Энергия разрушения выбороопасных песчаников. — В кн.: Механика разрушения горных пород. — К.: Наукова думка, 1977, с. 156—159.

УДК 622.457.36

## ПУЛЬСИРУЮЩИЙ СПОСОБ ПРОВЕТРИВАНИЯ ТУПИКОВОЙ ГАЗОБОБИЛЬНОЙ ВЫРАБОТКИ

Ф. С. КЛЕБАНОВ, д-р техн. наук, Г. В. ПОЛЬЩИКОВ, инж. (ИГД им. Скопинского)

Пульсирующий способ проветривания [1] позволяет снизить концентрацию метана в куполах подготовительных выработок. Прерывистая подача воздуха в призабойное пространство выработки производится с помощью прерывателя потока (свободно вращающийся на диаметральной оси металлический диск в жестком корпусе), устанавливаемого на конце гибкого вентиляционного трубопровода [2, 3]. Количественная оценка эффекта уменьшения концентрации метана в куполе при пульсации воздуха дается на основании следующих рассуждений. При непрерывном дебите газа в купол выработки газовая ситуация в нем описывается уравнением (рис. 1):

$$qdt + Qc_n dt - k_T Qcdt = Wdc, \quad (1)$$

где  $q$  — дебит газа в купол, м<sup>3</sup>/мин;  
 $t$  — время, мин;  
 $Q$  — количество воздуха, вносимое свободной струей в купол, м<sup>3</sup>/мин;  
 $c_n$  — начальная концентрация газа в воздухе, поступающем в купол, доли ед.;  
 $k_T$  — коэффициент турбулентной диффузии частично загрязненной свободной струи;  
 $c$  — концентрация газа в куполе, доли ед.;  
 $W$  — объем купола, м<sup>3</sup>.

При постоянстве газовыделения в купол устанавливается динамическое равновесие между количеством поступающего и выносимого газа, в результате чего концентрация метана в куполе остается постоянной во времени, т. е.  $dc/dt=0$ . С учетом этого уравнение (1) можно записать так:

$$c = (q + Qc_n) / (Qk_T). \quad (2)$$

Количество воздуха, которое вносится в купол в виде свободной ограниченной струи, можно определить как объем воздуха, протекающего в произвольном сечении неполной струи, образованной турбулентным источником второго рода:

$$Q = 0,2v_0(h_k - 2,4ax), \quad (3)$$

где  $v_0$  — осевая скорость в потоке воздуха, движущегося по выработке;  
 $h_k$  — высота купола;  
 $a$  — коэффициент структуры струи (0,1 ... 0,15);  
 $x$  — расстояние от входа воздуха в купол.

Уравнение (3) выведено для камер, ширина которых равна или больше ширины воздухоподающей выработки. Применительно к рассматриваемому случаю формулу (3) следует записать следующим образом:

$$Q = 0,2v_0(h_k - 2,4ax)b_k/b, \quad (4)$$

где  $b_k$  — ширина купола;  
 $b$  — ширина выработки.

Вынос газа из купола осуществляется ядром постоянной массы свободной струи, граница которого на рис. 1 показана линией ABC. Газ, находящийся вне ядра, выносится из купола лишь

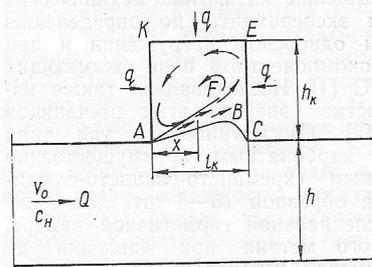


Рис. 1. Схема расположения купола в проветриваемой выработке ( $l_k$  — длина купола).

тогда, когда в результате диффузии он попадает в ядро. Чем интенсивнее происходит диффузия, тем быстрее газ из застойных зон купола ECAF поступает в ядро постоянной массы и тем быстрее проветривается купол. Интенсивность диффузии газа можно повысить увеличением степени турбулентности ядра постоянной массы, т. е. турбулентности воздушного потока.