

Б. А. ГРЯДУЩИЙ, доктор техн. наук
(ДонУГИ)

А. М. БРЮХАНОВ, В. П. КОПТИКОВ, доктора техн. наук,

Т. Я. МХАТВАРИ, канд. техн. наук,

Э. И. ТИМОФЕЕВ, инж.

(МакНИИ)

Причины и последствия газодинамических явлений в шахтах

Изучением газодинамических явлений, наиболее распространенной и катастрофичной разновидностью которых являются внезапные выбросы угля и газа, занялись еще в XIX в., вначале в угледобывающих странах Европы, а затем в России после первого в Донбассе внезапного выброса угля и газа на юзовской шахте «Новая Смолянка» в 1906 г. Инициатором исследований по изучению природы и механизма этих явлений, возможности предвидения их и предотвращения был пионер горноспасательного дела Н. Н. Черницын, заведовавший в то время Центральной Макеевской горноспасательной станцией, преобразованной впоследствии в МакНИИ. Позднее к решению проблемы выбросоопасности угольных пластов подключились сотрудничать другие отраслевые, академические, учебные и проектно-конструкторские институты. За более чем столетний период фундаментальных и разносторонних исследований, выполненных не одним поколением ученых, в том числе и Украины, накоплен огромный объем знаний и опыта в области теории и практики борьбы с внезапными выбросами и другими газодинамическими явлениями. Обширный арсенал практически реализуемых решений по классификации этих явлений, прогнозу и предотвращению их, технологии ведения горных работ и обеспечению безопасности работающих содержится в едином нормативном документе – отраслевом стандарте СОУ 10.1.00174088.011–2005 [1].

Отдел газодинамических явлений МакНИИ и его сектора, расположенные во всех геолого-промышленных регионах Донбасса, систематически оказывают научно-техническую помощь шахтам в выборе и внедрении наиболее приемлемых в конкретных условиях мер борьбы с газодинамическими явлениями, согласовывают проекты и паспорта на вскрытие и разработку пластов, склонных к этим явлениям, проводят обучение работников шахт правилам безопасности на таких пластах. Для особо сложных и неординарных условий рекомендуются меры безопасности предварительно рассматриваются на заседаниях созданной Центральной комиссии по вопросам вентиляции, дегазации и борьбы с газодинамическими явлениями в шахтах с участием высококвалифициро-

ванных специалистов отраслевых и академических институтов, организаций, предприятий и Госгорпромнадзора. Поэтому говорить о «бессилии» науки в этих вопросах по меньшей мере некорректно.

Безусловно, выполнение мероприятий по предотвращению газодинамических явлений и связанных с ними аварий сопряжено с дополнительными трудовыми и материальными затратами. Но они значительно меньше затрат на ликвидацию последствий аварий, тем более с человеческими жертвами, вследствие игнорирования требований безопасности, причем нередко самими пострадавшими. Напротив, согласно установленному на шахтах порядку, всех работников добычных и проходческих участков под роспись ознакомливают с мерами безопасности ведения горных работ на пластах, склонных к газодинамическим явлениям.

Тем не менее нарушения требований безопасности случаются довольно часто. Даже кажущиеся малозначительными нарушения мер безопасности, допускаемые по халатности исполнителей, нередко оказывались причиной крупных аварий с тяжелыми последствиями и выявлялись лишь экспертными комиссиями в ходе расследований этих аварий. Причем своевременное устранение выявленных нарушений не требовало каких-либо согласований дополнительных документов и разработок институтов. Наглядный пример – аварии на некоторых шахтах.

На ГП «УК Краснолиманская» при проведении комбайном КСП-32 вентиляционного ходка планируемой к отработке 2-й западной лавы в забросовой части пласта I₃ на горизонте 845 м, отнесенного к категории угрожаемых по внезапным выбросам угля и газа, 23 мая 2008 г. произошел внезапный выброс 2400 т угля, заполнившего выработку до половины площади сечения на расстоянии 220 м от забоя, и выделилось 55477 м³ метана. Этому предшествовала серия упущений и нарушений нормативных требований безопасности.

Согласно паспорту проведения и крепления выработки ее проводили вначале как полевую по породам

почвы пласта $1/3$ с постепенным приближением к нему, а на пикете (ПК 19) должны были вскрыть пласт. При приближении выработки к пласту на расстояние не менее 10 м по предписанию и под контролем геолога шахты предусматривалось бурение разведочных скважин для уточнения местоположения и мощности пласта, а при уменьшении этого расстояния до 3 м – прогнозирование выбросоопасности в месте вскрытия, выполнение противовыбросных мероприятий, если по данным прогноза будет получено заключение «опасно», и после этого вскрытие пласта буровзрывным способом. Но это не было сделано, вследствие чего на ПК 15+19 м породная толща между выработкой и пластом бесконтрольно уменьшилась до 1 м, обрушилась и обнажился пласт, т. е. произошло его самовскрытие (без газодинамического явления). Это ошибочно привело к тому, что поверили в безопасность пласта и допустили нарушения в технологии ведения горных работ.

После входа забоя выработки в пласт была установлена выбросоопасность его текущим прогнозом по начальной скорости газовыделения из контрольных шпуров и начато гидрорыхление пласта для предотвращения внезапных выбросов угля и газа. Но в наряд-путевках горных мастеров и в журнале выполнения противовыбросных мероприятий отсутствовали данные о фактических параметрах гидрорыхления (длины нагнетательных скважин, глубины их герметизации, давления нагнетания, количества закачанной воды и т. д.), не велся планшет подвигания забоя с нанесением допустимого подвигания его после прогноза или гидрорыхления, на схеме электроснабжения токоприемников в выработке не предусматривалось подключение насосной установки для гидрорыхления, что вызывает сомнение в реальности его применения, тем более, что в ряде случаев не удавалось пробурить нагнетательные скважины на требуемую глубину из-за зажатий бурового инструмента, являющихся признаками выбросоопасности.

Поскольку выработка проводилась вблизи крупного геологического нарушения – Грачевского сброса – и должна была пересекать его, то для определения местоположения сместителя паспортом предусматривалось бурение по пласту двух разведочных скважин длиной 8 – 10 м каждая, причем одной в направлении подвигания забоя, а другой в сторону выработки, т. е. в сторону геологического нарушения. Фактически дважды бурили лишь по одной скважине в направлении подвигания забоя, первую за 4 сут, а вторую за 2 сут до произошедшей аварии, когда забой выработки по сути уже находился в зоне геологического нарушения, о чем свидетельствовало внедрение в породу второй скважины на восьмом метре вследствие смещения пласта.

В течение последующих суток ситуация в забое свидетельствовала о нарастании выбросоопасности. После неоднократных попыток гидрорыхления пласта, но безуспешных из-за невозможности пробурить нагнетательные скважины, а также повышенного метановыделения, вызывающего отключение электроэнергии датчиками автоматической газовой защиты (АГЗ), комбайновый способ проведения выработки в одном цикле проходки был заменен буровзрывным в режиме сотрясательного взрывания. Газодинамического явления при этом не было. Затем в первую смену 21 мая 2008 г. когда забой вентиляционного ходка 2-й западной лавы находился на ПК 17+17,5 м, якобы удалось осуществить гидрорыхление пласта, контроль его эффективности и выемку угля и породы комбайном на глубину 2 м. В первую смену 22 мая 2008 г. вновь была проконтролирована эффективность гидрорыхления, позволившая проходку выработки еще на 2 м. Во вторую смену была начата выемка угля на глубину 1 м, но из-за поломки комбайна она завершилась лишь во время третьей смены при следующих обстоятельствах.

После подрывки почвы пласта и выемки угля в правой стороне забоя на глубину 1 м начали аналогичные работы в левой стороне забоя. В это время загорелась красная лампочка датчика ТМРК на комбайне, отключилось его электропитание и у работающих замигали головные светильники СМС. Послышался удар в породах кровли и четыре призабойные рамы крепи были зажаты, но не повреждены. По показаниям датчика контроля слоевых скоплений метана концентрация его составляла 2,8 – 3 %. Рабочие отошли от забоя на 40 м и остановили работавший конвейер. Примерно через 7 мин отключилось напряжение на участке. Через 20 – 30 мин подача электроэнергии возобновилась и к концу смены работы по проходке и креплению выработки были благополучно завершены.

Получив информацию о случившемся в забое, начальник проходческого участка, выдавая наряд на четвертую смену 22 мая 2008 г. (календарная дата 23 мая 2008 г.) по проведению выработки на 2 м, дал задание начальнику участка прогноза выполнить в начале смены контроль выбросоопасности в забое. В 2 ч 45 мин на запрос помощника начальника проходческого участка по телефону о проводимых в забое работах сообщили, что ведется подготовка к прогнозу выбросоопасности. Но проходчики «уговорили» горного мастера по прогнозу не задерживать выполнение выданного им наряда на проведение выработки и осуществить прогноз после завершения проходческих работ. Об этом свидетельствуют показания горнорабочих, застигнутых аварией, но не пострадавших, находившихся на удалении от забоя в устье выработки,

подтвердивших, что с начала смены и вплоть до момента внезапного выброса угля и газа, произошедшего в 3 ч 32 мин, ленточные конвейеры работали и по ним транспортировался уголь из забоя. Среди 11 пострадавших оказался и горный мастер по прогнозу, находившийся на ПК 7 (220 м от забоя), в спецодежде которого были обнаружены наряд-путевка и блокнот без записей результатов прогноза.

На шахте им. Карла Маркса ГП «Орджоникидзеуголь», разрабатывающей крутые пласты, опасные и угрожаемые по внезапным выбросам угля и газа, около 5 ч утра 8 июня 2008 г. в воздухоподающем стволе № 2 произошел взрыв метановоздушной смеси, которому по мощности и тяжести последствий не было равных за последние 50 лет. Взрывом вызваны многочисленные повреждения в стволе двутавровых расстрельных балок со смещениями и прогибами их вниз, труб противопожарного става, водоотлива и воздухоподачи, канатов и кабелей, разрушения в околоствольных выработках на горизонтах 500, 625, 750, 875 и 1000 м, почти полностью разрушено надшахтное здание ствола и обшивка копра. Экспертной комиссией по расследованию причин аварии установлено следующее.

Накануне аварии, в четвертую смену, 7 июня 2008 г. (календарная дата 8 июня 2008 г.), в шахте на различных участках велись работы по ремонту и профилактике оборудования, доставке материалов и только на участке № 78 (пласт I_4^H Девятка-запад, горизонт 1000 м) выгружался уголь из лавы. В 4 ч 20 мин горный мастер этого участка сообщил по телефону диспетчеру шахты, что выгрузка угля закончена и рабочие выезжают на поверхность. В 4 ч 35 мин оператор поверхностной компрессорной установки сообщил по телефону диспетчеру шахты, что давление подачи сжатого воздуха упало с 0,4 до 0,25 МПа, а в 4 ч 40 мин датчиками АКМ, установленными в горных выработках, было зафиксировано резкое повышение концентрации метана, характерное для газодинамических явлений. Прекращение затем поступления информации от датчика, установленного у сопряжения откаточного штрека участка № 80 (пласт I_4^H Берестовский-запад, горизонт 1000 м) с западным фланговым квершлагом, свидетельствовало о том, что явление произошло вблизи места установки этого датчика, который мог быть поврежден в начальной стадии развития газодинамического явления. Рабочие, находившиеся в выработках на горизонтах 875, 750 и даже 500 м, слышали сильные треск, удары, ощущали вибрацию массива, что подтверждало крупномасштабное разрушение, и сообщали об этом диспетчеру шахты, который давал команду немедленно идти к стволу и выезжать на поверхность.

В 4 ч 40 мин с горизонта 1000 м позвонил диспетчер участка шахтного транспорта и доложил диспетчеру шахты и начальнику смены, что где-то на западном крыле произошел внезапный выброс и разрушенный уголь находится даже в объездной выработке ствола № 2, а по показаниям рукоятчицы, ожидавшей поднимавшуюся клеть с людьми, произошло опрокидывание воздушной струи в стволе и воздух стал выходить из его устья.

В 5 ч все датчики АКМ перестали передавать информацию о газовой обстановке в связи с отключением электропитания анализаторов и диспетчер шахты вызвал оперативный взвод ВГСО по роду аварии «внезапный выброс угля и газа». Примерно в это же время машинист водоотлива на горизонте 500 м услышал «страшной силы удар», насосы остановились – это произошел взрыв метановоздушной смеси в стволе № 2, когда поднимавшаяся клеть с людьми не дошла 120 м до нулевой отметки приемной (посадочной) площадки, оборвалась и упала в зумфовую часть ствола.

В ходе аварийно-спасательных и ремонтно-восстановительных работ из 37 человек, застигнутых аварией в шахте, в удовлетворительном состоянии вывезены на поверхность 23 чел., один – с тяжелыми травмами и ожогами, остальные погибли.

Первостепенной задачей экспертной комиссии по расследованию причин аварии было установление места возникновения внезапного выброса угля и газа и источника взрыва метановоздушной смеси в стволе. По магнитофонным записям шахтной службы сейсмопрогноза выбросоопасности, контролирующей действующие забои, установили, что в течение аварийной смены добычные или проходческие работы не велись и признаки выбросоопасности не наблюдались.

При попытке обследования горных выработок западного крыла на горизонте 1000 м оказалось, что откос выброшенного угля начинается в западном полевым штреке в 5 м от сопряжения его с южным квершлагом и в обводной выработке ствола № 2 на расстоянии 30 м от сопряжения ее с западным полевым штреком. Вследствие заполнения этих выработок углем практически на полное сечение и невозможности обследования других примыкающих к ним выработок, обследование проводилось по мере уборки угля от начала откоса его в западном полевым штреке и далее по ходу движения фронта уборочных работ.

Обследуя вентиляционные штреки участков № 78 и № 80 на горизонте 875 м, установили, что они находятся в удовлетворительном состоянии, поврежденных крепи и оборудования нет, выходы из лав не нарушены. На почве выработок лежал тонкий слой мелкодисперсной угольной пыли, вынесенной газозвоздушным потоком через лавы при выбросе угля и газа на гори-

зонте 1000 м. Наиболее вероятным местом выброса на этом горизонте по предварительной версии могло быть пересечение выбросоопасного пласта l_3 Мазурка западным фланговым квершлагом, которым пласт был вскрыт еще 25 апреля 2008 г., т. е. за 45 сут до аварии. Ранее (9 марта 2001 г.) на этом же горизонте в подобной ситуации, но в восточном крыле, произошел внезапный выброс угля и газа интенсивностью 750 т спустя 20 сут после вскрытия этого же пласта l_3 восточным фланговым квершлагом, когда забой уже отошел от пласта на 1 м и работы в нем не проводились.

Из анализа книги нарядов, наряд-путевок, паспорта на вскрытие пласта западным фланговым квершлагом и опроса свидетелей установлено, что вскрытие осуществлялось в зоне флексурной складки, осложненной повышенной трещиноватостью пород и газоносностью пласта. По данным прогноза выбросоопасности, перед вскрытием получено заключение «опасно». Для предотвращения выбросов угля, газа и обрушений пород при вскрытии и пересечении пласта было осуществлено его гидрорыхление и возведена опережающая каркасная крепь из металлических труб длиной 7 – 9 м и диаметром 50 мм, введенных в 20 скважин, пробуренных по периметру выработки. При этом были допущены отступления от нормативных требований: при нагнетании воды в пласт в трех из пяти скважин для гидрорыхления не было достигнуто снижение давления нагнетания до требуемого значения, свидетельствующего о завершении процесса гидрорыхления, а рама арочной крепи, к которой прикреплялись трубы опережающей каркасной крепи, не была закреплена анкерами по бокам и своду выработки.

Вскрытие, пересечение пласта l_3 и отход от него забоя западного флангового квершлага на расстояние более 3 м осуществлялись буровзрывным способом в режиме сотрясательного взрывания. Газодинамических явлений при этом не было и превышений предельно допустимых норм концентрации метана по данным аппаратуры АКМ не отмечено.

Однако в месте пересечения пласта квершлагом в результате обрушения угля из нависающего массива образовался купол на высоту около 0,5 м, который остался в закрепном пространстве, не забутованном породой. Вследствие склонности пласта l_3 к самовозгоранию в месте пересечения его квершлагом должна быть возведена изолирующая «рубашка» из бетона толщиной 0,3 – 0,5 м по бокам и своду выработки, но из-за отсутствия материала ее возвели лишь по бокам выработки на высоту 1,6 – 1,8 м. Забой квершлага после пересечения пласта и отхода от него на 7 м был остановлен и работы в нем не возобновлялись.

Таким образом, наличие купола в месте пересечения пласта l_3 западным фланговым квершлагом, от-

сутствие его забутовки в закрепном пространстве и изолирующей «рубашки» по своду выработки вызвало постепенное осыпание угля из нависающего массива, увеличение размеров куполообразной полости, что способствовало развитию обрушения угля, переросшего во внезапный выброс угля и газа. При уборке выброшенной горной массы у сопряжения откаточного штрека участка № 80 с западным фланговым квершлагом на расстоянии около 20 м до места вскрытия пласта этим квершлагом были обнаружены фрагменты бетонной «рубашки» с арматурой, в самом сопряжении – датчик аппаратуры АКМ, сорванный и отброшенный горной массой, что подтвердило первоначальную версию о месте выброса.

Общая протяженность горных выработок, в которых размещалось, а затем было убрано 5113 т выброшенной горной массы, составила 650 м, количество выделившегося метана более 120 тыс. м³. Это второй по интенсивности выброс угля и газа за всю историю Донбасса (первый – 14 тыс. т угля и 250 тыс. м³ метана – произошел 13 июля 1969 г. на шахте им. Ю. А. Гагарина ГП «Артемуголь» при вскрытии этого же пласта l_3 главным квершлагом на горизонте 710 м).

Источником взрыва метановоздушной смеси в стволе № 2 шахты им. Карла Маркса явилось электрическое искрение проложенного по стволу высоковольтного кабеля напряжением 6 кВ, питающего токоприемники на горизонтах 750, 875 и 1000 м, поврежденного вследствие выдергивания жил из соединительной муфты при падении ее с деревянного полка, находившегося в верхней части ствола и разрушенного под действием ударно-воздушной волны при выбросе угля и газа в месте пересечения пласта l_3 западным фланговым квершлагом горизонта 1000 м, что установлено экспертизой по следам воздействия высокотемпературной электрической дуги короткого замыкания на фрагменте кабеля на расстоянии 15 – 20 м ниже нулевой отметки ствола.

Таким образом, авария на упомянутой шахте с групповым несчастным случаем и катастрофическими последствиями квалифицируется как ряд последовательно произошедших неординарных событий: внезапный выброс угля и газа большой интенсивности в остановленном западном фланговом квершлага горизонта 1000 м из вскрытого ранее пласта l_3 в зоне геологического нарушения; опрокидывание вентиляционной струи; загазирование горных выработок на горизонтах 1000 – 875 м и воздухоподающего ствола № 2; взрыв метановоздушной смеси в верхней части ствола, вызвавший многочисленные разрушения в околоствольных выработках, повреждение оборудования ствола, обрыв и падение клетки с людьми в зумпфовую часть ствола. В итоге казавшееся незначительным нарушение технологии пересечения выб-

росоопасного пласта кваршлагом, оставшееся незамеченным, обернулось катастрофой и нанесло огромный ущерб. В результате возник вопрос о целесообразности закрытия шахты из-за больших объемов и стоимости ремонтно-восстановительных работ.

Авария с групповым несчастным случаем, произошедшая 4 октября 2008 г. в конвейерном ходке № 1 пласта $k_2+k_2^B$ горизонта 590 м СП «Шахта «Дуванная» ОАО «Краснодонуголь», причиной которой стал взрыв метановоздушной смеси, не связана с газодинамическими явлениями и обусловлена явными нарушениями мер безопасности при проведении и креплении этой выработки, регламентированных документами [2, 3]. Отметим некоторые горно-геологические условия проведения выработки, приведшие к возникновению аварии.

Поле шахты «Дуванная» расположено на западном замыкании Суходольской синклинали, представляющей собой асимметричную складку с крутым ($30 - 50^\circ$) северным крылом и пологим ($2 - 15^\circ$) южным. Северное крыло осложнено флексурными складками (перегибами) угольных пластов и пород различной амплитуды. На западном крыле шахтного поля отрабатывается пласт k_2 , который в восточной части поля расщепляется на два самостоятельных пласта k_2 и k_2^B , где их разработка не ведется в связи с увеличением угла падения до $35 - 50^\circ$.

Конвейерный ходок № 1 проводился по пласту k_2 от 4-го восточного конвейерного штрека пласта $k_2+k_2^B$ горизонта 590 м в смыкающем крыле флексурного перегиба пласта с переменным углом падения его от 25 до 50° и амплитудой около 100 м. Пласт имеет трехпачечное строение с суммарной геологической мощностью $1,60 - 2,12$ м. Мощность верхней и средней пачек $0,2 - 0,3$ м, нижней $1,0 - 1,15$ м. Породные прослои представлены аргиллитом слабой текстуры с множеством зеркальных плоскостей скольжения. На участке проведения выработки уголь всех пачек слабый, непрочный, разбит трещинами кливажа. Отсутствует сцепление на контакте угольных пачек с породными прослоями и боковыми породами, вследствие чего в зоне флексурной складки часто происходят высыпания и обрушения угля из нависающего массива на высоту до 5 м протяженностью до 26 м по длине выработки.

Непосредственная кровля представлена известняком мощностью $1,39 - 2,20$ м (коэффициент крепости $f = 8 \dots 10$ по шкале М. М. Протождяконова). На локальных участках мощность известняка может уменьшаться до $0,3$ м, он становится неустойчивым и обрушается на всю мощность, образуя завалы выработки.

Шахта «Дуванная» отнесена к сверхкатегорным по газу, а пласт k_2 – угрожаемый по внезапным выбросам угля и газа с глубины 590 м. Его природная газонос-

ность $15 - 18 \text{ м}^3/\text{т с.б.м.}$, выход летучих $V^{daf} = 31 \dots 34,5 \%$, толщина пластического слоя $29 - 31$ мм, комплексный показатель степени метаморфизма угля $25,4$ у.е.

Согласно паспорту проведения и крепления конвейерного ходка № 1 пласта $k_2+k_2^B$ горизонта 590 м эта выработка проводилась комбайном КСП-32 с подрывкой пород почвы. Крепление осуществлялось арочной податливой крепью типа КМТ-АПЗ-13,8 с плотностью установки две рамы на 1 м.

Для обеспечения безопасности ведения горных работ ниже глубины 590 м, с которой пласт отнесен к категории угрожаемых по внезапным выбросам угля и газа, составлен, согласован с МакНИИ и утвержден главным инженером шахты «Комплекс мер по борьбе с внезапными выбросами угля и газа», предусматривающий проведение конвейерного ходка № 1 с указанной глубины с текущим прогнозом выбросоопасности по начальной скорости газовыделения из контрольных шпуров согласно п. 6.3.1 Правил [1], а в установленных прогнозом выбросоопасных зонах – применение гидрорыхления пласта или буровзрывных работ в режиме сотрясательного взрывания.

Однако по предписанию геолога шахты и распоряжению главного инженера прогноз выбросоопасности был введен в забое этой выработки еще 9 апреля 2008 г., т. е. почти за 6 мес до аварии, когда глубина ведения горных работ еще не достигла отметки, начиная с которой пласт должен относиться к категории угрожаемых по выбросам, но приближался к ней. До момента аварии на протяжении 203 м подвигания забоя было выполнено 104 цикла прогноза и ни в одном из них измеренная начальная скорость газовыделения не достигала для данного шахтопласта критического значения $4,5$ л/мин, что указывает на отсутствие выбросоопасности.

Авария в конвейерном ходке № 1 пласта $k_2+k_2^B$ горизонта 590 м указанной шахты произошла в конце третьей смены 3 октября 2008 г. в 00 ч 15 мин (календарная дата 4 октября 2008 г.), когда завершались работы в забое по выемке горной массы комбайном.

Согласно наряду на эту смену бригаде в составе горного мастера, четырех проходчиков, одного горнорабочего и электрослесаря предстояло осуществить в забое выемку комбайном КСП-32 угля и породы на глубину 1 м, установить две рамы арочной крепи, откачивать воду и обслуживать конвейерную линию.

В соответствии с заключением экспертной комиссии по расследованию причин и обстоятельств аварии установлено следующее. В 20 ч 40 мин горный мастер сообщил по телефону диспетчеру шахты, что в забое конвейерного ходка № 1 концентрация метана составляет $0,3 - 0,4 \%$, все механизмы в рабочем состоянии и проходчики начинают выемку угля комбайном. В 23 ч 00 мин он повторно сообщил диспетчеру о нормальном ходе работ и пылегазовом режиме в за-

бое. Перед этим в 22 ч 30 мин горный мастер участка ВТБ измерила концентрацию метана в забое этой же выработки, которая составляла 0,4 %. Датчики АГЗ, один из которых установлен в призабойной части выработки, а второй на исходящей струе у сопряжения конвейерного ходка № 1 с 4-м восточным конвейерным штреком, были исправны и их показания соответствовали замерам интерферометром ШИ-11.

В 00 ч 10 мин оператор АГЗ доложила диспетчеру шахты, что на ленте самописца датчика в призабойной части конвейерного ходка № 1 зафиксировано резкое увеличение концентрации метана, а датчиком на исходящей струе повышения не зафиксировано, но в 00 ч 15 мин информация от обоих датчиков перестала поступать.

По показаниям горнорабочих, обслуживавших ленточный конвейер в 4-м восточном конвейерном штреке, после прекращения поступления горной массы из конвейерного ходка № 1 и остановки конвейера, что свидетельствовало о завершении проходческих работ в забое, они приступили к зачистке конвейерной линии по штреку. В начале первого часа ночи они почувствовали воздушный «хлопок», а через несколько секунд мощный удар, опрокинувший кратковременно вентиляционную струю и поваливший людей на почву выработки. Полагая, что в конвейерном ходке № 1 произошел взрыв, они прекратили работу и направились к стволу.

Поскольку диспетчер не смогла дозвониться в конвейерный ходок № 1 и выяснить причину отключения датчиков АГЗ, а в 00 ч 27 – 29 мин горный мастер шахтного транспорта и начальник смены сообщили ей, что в конвейерном ходке произошел «хлопок» воздуха, причины и последствия которого неизвестны, в 00 ч 37 мин она вызвала оперативный взвод ВГСО.

Согласно замерам проб воздуха, отобраным ВГСО спустя 130 мин после взрыва, концентрация метана в исходящей струе из конвейерного ходка № 1 у сопряжения его с 4-м восточным конвейерным штреком составляла 1,6 %, а ближе к забою ходка в интервале ПК 9 – ПК 11, где были обнаружены шесть человек без признаков жизни, содержание метана в атмосфере выработки составляло 3,5 %. Из анализа травм и места нахождения пострадавших сделан вывод, что они получили ожоги в забое конвейерного ходка № 1, откуда бежали, а затем их настигла ударная волна взрыва.

Обследование аварийной выработки экспертной комиссией было проведено в третью смену 4 октября 2008 г. По данным замеров, концентрация метана в поступающей в конвейерный ходок № 1 свежей струе воздуха составляла 0,0 %, а в исходящей струе из этой выработки – 0,3 %. Фактически в забой подавалось вентилятором местного проветривания 280 м³/мин

свежего воздуха при расчетном количестве 192 м³/мин. По правой стенке выработки видны на протяжении 140 м (от ПК 8 до ПК 15) полости ранее произошедших обрушений угля, достигающие 5 м вглубь массива по восстанию пласта и до 26 м по простиранию, свидетельствующие о склонности угля к обрушениям. Эти полости не были закреплены и не заизолированы, что является нарушением требований пп. 4, 5 и 11 главы 3 раздела V Правил [2], согласно которым при проведении подготовительных работ в слабых (сыпучих) породах для предотвращения высypаний и обрушений должна применяться опережающая забивная крепь или другие виды специальной крепи, не допускается эксплуатировать рамную податливую крепь без затягивания кровли и боков выработки и оставлять пустоты за крепью. От ПК 15 до забоя на подошве выработки лежали куски сорванного вентиляционного става со следами высокотемпературного воздействия. Силовые кабели питания электрооборудования в выработке не были повреждены.

Последняя рама арочной крепи была установлена на ПК 16+7 м. Далее от этой рамы до породного забоя (расстояние 1,8 м) выработка не была закреплена. Проходческий комбайн КСП-32 находился в левой части выработки, исполнительный орган его упирался в левый нижний угол забоя и был внедрен в угольный пласт на 0,15 м, опережая последнюю раму крепи на 2,3 м. Столь значительное отставание постоянной крепи от забоя подготовительной выработки является нарушением п. 2 главы 3 раздела V Правил [2], допускающего в данных условиях отставание на 0,5 м (не более шага установки крепи).

Пространство между забоем и комбайном в правой стороне выработки было заполнено разрушенным углем средней фракции и кусковатости без наличия тонкодисперсной пыли, расположенным под углом 35 – 37°, близким к углу естественного откоса. Масса обрушившегося угля составляла 25 – 28 т. Над ней зияла полость в угольном пласте на высоту до 3,5 м по восстанию пласта и 3,5 м по ходу выработки. По внешним признакам и структурно-прочностным характеристикам уголь из откоса в месте обрушения практически не отличался от пластовых проб, отобранных из нависающего массива за пределами обрушений. Так, в пробе угля из места его обрушения коэффициент крепости $f = 0,94...0,98$, показатель структурной нарушенности угля $\Delta J = 2,2...2,4$ мг/г, а в пластовых пробах на ПК 13+10 м соответственно $f = 1,09$ и $\Delta J = 2,2$ мг/г. Эти данные характерны для условий, неопасных по газодинамическим явлениям.

На основании изложенных фактов и исследований экспертная комиссия классифицировала произошедшее явление, предшествующее взрыву газа, как обру-

шение нависающего угольного массива, возникшее под воздействием гравитационных сил в зоне флексурной складки из-за слабого сцепления пласта с боковыми породами, а также между пропластками и породными прослоями, и нарушений технологии проведения и крепления выработки, заключающихся в отсутствии перекрытия пласта затяжками в кровле выработки и отставании постоянной крепи от забоя на значение, почти в 5 раз превышающее шаг ее установки.

Вследствие метановыделения из обрушившегося угля и образовавшейся полости в призабойной части выработки возникла взрывоопасная концентрация метановоздушной смеси, которая при наличии источника ее воспламенения стала причиной взрыва. Как было установлено позднее, угольная пыль не влияла на взрыв.

При предварительном обсуждении потенциально возможных источников воспламенения метана и последующего взрыва в конвейерном ходке № 1 наиболее вероятным могло быть электрооборудование. При тщательном обследовании не были обнаружены какие-либо повреждения, следы короткого замыкания или нагрева контактных зажимов и проводов, а следовательно, электродвигатели, пусковая аппаратура и линии электропитания не были причиной воспламенения метановоздушной смеси. Только на комбайне КСП-32 было обнаружено, что крышка аппаратного отделения станции управления, осуществляющей коммутацию искроопасных электрических цепей с помощью контакторов РПЛ-140 и КТУ-2000, заводская конструкция которых предусматривает открытое искрение в нормальном режиме работы, оказалась не герметично закрытой, как положено, а открытой на угол до 40°, электромеханическая блокировка ее с приводом разъединителя подачи напряжения отсутствовала, что является грубым нарушением требований п. 4.3 Руководства [3], согласно которому запрещается его работа с нарушенными блокировками и поврежденными взрывонепроницаемыми оболочками. Это привело к доступу метановоздушной смеси к искрящим контакторам, ее воспламенению и взрыву.

Учитывая, что энергия искрения при напряжении 660 В и номинальном токе 110 А составляет 7,26 Дж, а минимальная энергия воспламенения метана 0,26 Дж, очевидно, что при допущенных нарушениях

авария в этих условиях была неизбежна. Несмотря на то что данная авария не связана с газодинамическими явлениями, а тем более с проявлениями выбросоопасности пласта, даже не упоминаемыми в заключении экспертной комиссии, этот пласт был переведен в категорию выбросоопасных. Но в течение длительного периода до закрытия шахты признаки выбросоопасности, выбросы угля и газа не наблюдались, а применение различных ограничений и противовыбросных мероприятий привело к излишнему усложнению ведения горных работ.

Выводы. Произошедшие аварии обусловлены не «бессилием горной науки» объяснить причины их возникновения и предложить эффективные меры предупреждения, а всевозможными нарушениями требований нормативно-правовых актов по обеспечению безопасности ведения горных работ и правил эксплуатации горношахтного оборудования.

Далеко не последнее место в организации безопасности и охраны труда на предприятиях при усложняющихся процессах угледобычи занимает технологическая дисциплина, которая должна базироваться на профессиональной подготовке кадров, контролироваться органами горно-технического надзора и опираться на отраслевую науку.

Перспективным направлением современной научно-технической политики мониторинга безопасности освоения недр в активных по газодинамическим явлениям регионах, к которым относится Донецкий бассейн, считается автоматизация прогнозирования опасности возникновения этих явлений и контроля эффективности мероприятий по их предотвращению, что позволяет избавиться от негативного влияния человеческого фактора на своевременность и достоверность оценки состояния горного массива.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Правила ведения горных работ на пластах, склонных к газодинамическим явлениям*: СОУ 10.1.00174088.011-2005. – К.: Минуглепром, 2005. – 222 с.
2. *Правила безопасности в угольных шахтах*: НПАОП 10.0.1.01-10. – К.: 2010. – 210 с.
3. *Руководство по эксплуатации проходческого комбайна КСП-32*: ТУ У 3.03.00211197.072-99. – Ясиноватое: Ясиноватский машиностроит. завод, 1999. – 160 с.