УДК 622.235

А.В.ДЖИГРИН
Межведомственная комиссия по взрывному делу при Академии горных наук, Москва
А.Ю.ГОРЛОВ
Московский государственный горный университет

РИСК-АНАЛИЗ И ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ АВАРИЙНЫХ СИТУАЦИЙ, СВЯЗАННЫХ СО ВЗРЫВОМ МЕТАНА И УГОЛЬНОЙ ПЫЛИ В ШАХТАХ

Для угольной промышленности России вопросы разработки риск-анализа аварийных ситуаций, вызываемых взрывом метана и угольной пыли в шахтах, являются чрезвычайно актуальными. Технико-экономические исследования позволили предложить для классификационной оценки чрезвычайной ситуации коэффициент тяжести последствий аварий, учитывающий объем распространения взрыва, экономический ущерб от уничтожения основных фондов и потери добычи, а также тяжесть травматизма рабочего персонала.

For the coal mining industry in Russia the matters concerning the making of risk-analyses of emergency situations induced by explosions of methane and coal dust, appear to be extremely actual. The carried-out technical and economical investigations allowed to suggest for the classification assessment of emergency situations the severity coefficient of emergency examination accounting the volume of propagation, explosion, economical damage from destroying the basic funds of industry and mining losses as well as the disabling injuaries of miners.

Риск-анализ аварийных ситуаций представляет собой последовательность исследований, направленных на определение достоверных характеристик риска и эффективных мер его снижения. В качестве количественной меры риска используется показатель, одновременно учитывающий две характеристики неблагоприятного события: вероятность его наступления и величину причиняемого им ущерба.

Если объект (шахта) может выбирать различные способы взрывозащиты горных выработок, то с учетом организационно-субъективных и других поддающихся оценке факторов и условий средний риск

$$R = \sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{n} g_{ij}(V) P_j P_i(i, Z_j) X_i, \qquad (1)$$

где $g_{ij}(V)$ – вероятность выбора объектом ситуации, характеризующейся вероятностью наступления неблагоприятного события P_j и законом распределения ущерба P_i (j, Z_j), в свою очередь, зависящим от мер защиты Z_j.

Наши исследования конкретизируют зависимость (1) для неблагоприятного проявления аварийных взрывоопасных ситуаций на шахте на основе разработанных методов их количественной оценки.

При решении экономических задач, связанных с выбором оптимального варианта расходов, важная роль отводится выявлению функциональных зависимостей рассматриваемых видов затрат от уровня техногенного воздействия. Эта задача достаточно сложна.

Снижение экономического эквивалента ущерба от взрыва метана и угольной пыли может быть достигнуто совершенствованием технологических процессов подземной добычи угля, средств и способов взрывозащиты горных выработок, организации управления безопасностью и риском с выбором варианта по минимальному значению функции $Q(G)$, выражающей суммарные экономические затраты.

Оптимальный вариант расходов может быть найден путем исследования зависимо-

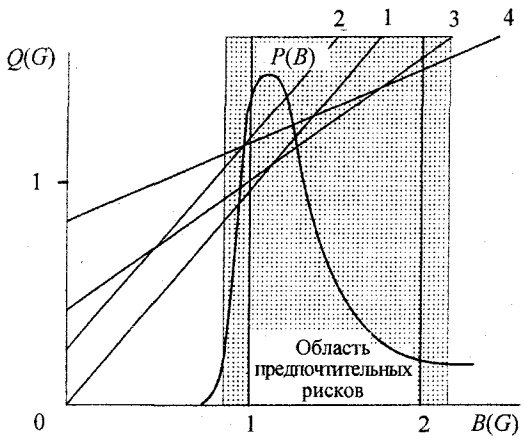


Рис.1. Суммарные затраты для выбора стратегии безопасности в зависимости от экономического эквивалента риска

1-4 – варианты затрат; 1 – без затрат на снижение риска, $A(G) = 0$; 2 – затраты на риск равны 0,25 от общих затрат по 1-му варианту, принятых за единицу; 3 и 4 – затраты на риск 0,5 и 0,95 от общих затрат

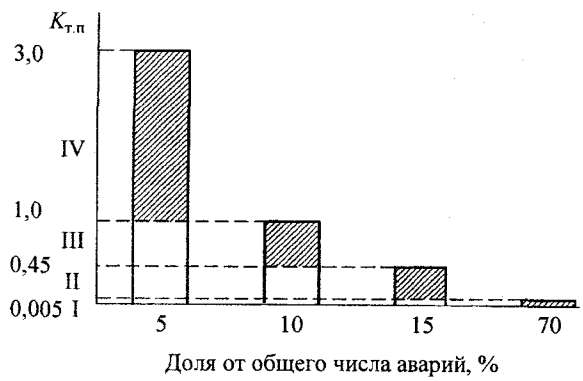


Рис.2. Результаты анализа 116 аварий за 1991-2001 гг. по коэффициенту тяжести последствий аварий $K_{т.п}$

I-IV – типы аварий (см. таблицу)

сти суммарных затрат $Q(G)$ на экстремум, если не требуется принимать во внимание какие-либо обстоятельства.

При управлении риском, в работе, рекомендуется делать анализ изменения суммарных затрат $Q(G)$ в зависимости от экономического эквивалента ущерба $B(G)$, который можно назвать экономическим эквивалентом риска*.

При проведении экономических расчетов функция распределения величины риска $P(G)$ относительно $B(G)$ может быть наложена на график суммарных затрат (в относительных единицах) и служить убедительным основанием для выбора приоритетной стратегии обеспечения безопасности (рис.1).

Анализ возникновения взрывов метана и пыли с наиболее тяжелыми последствиями позволяет сделать следующие выводы:

- в подавляющем большинстве основные причины носят организационно-личностный характер и являются следствием грубейших нарушений правил безопасности в отношении вентиляционного и пылевого режима;
- причины аварий не связаны непосредственно с уровнем технологии и механизации;
- основная роль в распространении большинства взрывов принадлежит угольной пыли;
- в большинстве случаев угольная пыль была весьма взрывчатой и имела высокий выход летучих веществ, низкую зольность и влажность.

Хотя выделение причин организационно-личностного характера несколько условно, анализ показывает незначительное их снижение за последние годы. В то же время существенно вырос удельный вес аварий, связанных с недостаточным или неквалифицированным контролем пылевентиляционного режима.

Учитывая многообразие условий, факторов и последствий взрыва метана и угольной пыли, мы рекомендуем использовать для классификационной оценки чрезвычайной ситуации (ЧС) коэффициент тяжести последствий аварий

$$K_{т.п} = K_э + K_т + K_д, \qquad (2)$$

где $K_э$ – коэффициент, учитывающий объем распространения взрыва и экономический ущерб, $K_э = C_{у.о.п.ф} / C_{о.п.ф}$; $C_{у.о.п.ф}$ – стоимость уничтоженных основных производственных фондов, руб.; $C_{о.п.ф}$ – стоимость основных производственных фондов, руб., максимально $K_э = 1$ в том случае, когда вследствие аварии уничтожены все основные про-

* *Измалков А.В.* Экологический риск и безопасность при техногенных преобразованиях недр в процессе горного производства / ННЦ ГП – Ин-т горного дела им.А.А.Скочинского. М., 2004. 326 с.

Анализ тяжести последствий аварий на угольных шахтах, связанных со взрывом (вспышкой) метана и угольной пыли

Индекс типа аварии	Тяжесть последствий	Количество шахт	$K_{т.п}$	Доля от общего числа аварий, %	Экономический ущерб, млн руб. (в ценах 2000 г.)
I	От незначительной до средней тяжести	78	0-0,05	70	<5,0
II	Значительная тяжесть	20	0,05-0,45	15	5,0-30,0
III	Тяжелые	12	0,45-1,0	10	30,0-90,0
IV	Катастрофические	6	1,0-3,0	5	>90,0

изводственные фонды; $K_т$ – коэффициент, учитывающий тяжесть последствия аварии, связанный с травматизмом рабочего персонала, $K_т = 1$, если вследствие аварии погибает весь персонал, находящийся в шахте,

$$K_т = \lg\left(1 + \frac{n_с + k_{э.с} n_т}{N_с} \cdot 9\right);$$

$n_с$ – число смертельно травмированных людей в результате взрыва; $n_т$ – число тяжело травмированных; $k_{э.с}$ – коэффициент эквивалентности числа тяжело травмированных числу смертельно травмированных, $k_{э.с} = 0{,}5$*; $N_с$ – количество людей, находящихся в шахте на момент аварии; $K_д$ – коэффициент, учитывающий потерю добычи за определенный промежуток времени (период восстановления уровня добычи до аварии); $K_д = 1$, если вследствие аварии подготовленные запасы не отрабатываются, $K_д = П_д/Д$; $П_д$ – потеря добычи за определенный промежуток времени, т; Д – плановая добыча за этот промежуток времени, т.

Следовательно, максимальное значение коэффициента тяжести последствий аварий связанных со взрывами метана и угольной пыли $K_{т.п} = 3$.

Анализ тяжести последствий аварий по показателю $K_{т.п}$ позволил выявить четыре типа аварий (рис.2).

За последнее десятилетие XX в. на угольных шахтах России, по данным ВостНИИ произошло 116 аварий, связанных со взрывом (вспышкой) метана и угольной пыли. В результате аварий травмировано 583 человека, из них 315 смертельно. Данные таблицы показывают, что I и II типы аварий носят в основном локальный характер и связаны в большинстве случаев со вспышкой метана; в первом случае количество пострадавших до 10 человек, редко со смертельным исходом, во втором – с более значительным количеством пострадавших со смертельным исходом, около двух-трех человек. При авариях, связанных с детонационным (взрывным) распространением процесса по сети горных выработок (III тип), число погибших составляет 5-15 человек. На IV тип аварий (катастрофический) приходится до 50 % всех аварий, около 70 % всех смертельных случаев (более 20 на одну аварию) и до 50 % убытков, причиненных угольным компаниям, с экономическим ущербом, превышающим 90 млн руб.

* Безопасность работ в угольных шахтах. М.: Недра, 1971. Т.15. 312 с.