

МЕТАНОВАЯ ОПАСНОСТЬ И ЕЕ МОНИТОРИНГ

Наскович В.А., группа АСУ-01м

Руководитель проф. каф. АСУ Красик Я.Л.

В большинстве угледобывающих регионах Украины разрабатываются угольные пласты с высоким содержанием метана, опасные по внезапным выбросам угля и газа, а также суфлярным выделениям метана. Применяемые скваженные методы текущего прогноза выбросоопасности и контроля скорости газовыделения, а также сейсмоакустический метод аналогичного назначения становится все менее надежным в связи с переходом работ на более глубокие горизонты (1000м и более). Проведенные в 1980–1985г.г. Автоматгормашем, МакНИИ и ИГД им. А.А. Скочинского исследования подтвердили целесообразность создания системы автоматизированного прогноза выбросоопасности угольных пластов, основанного на контроле и анализе многофакторной информации.

Отличительной особенностью проводимых сегодня исследований по обеспечению безопасности работы шахты является отсутствие системного подхода. Влияние различных факторов на безопасность ведения работ рассматривается без учета возможных взаимосвязей этих факторов. Наиболее благоприятные условия для исследования и анализа безопасности работы шахты создаются в случае представления объекта в виде триединой системы «Человек — машина — среда» (ЧМС) (рис. 1).

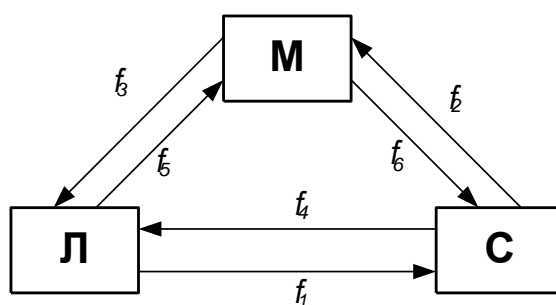


Рисунок 1 — ЧМС

В этих условиях наиболее рационально применение системного подхода, позволяющего оценить каждую из подсистем: «Человек» (Ч), «Машина» (М), «Среда» (С) с учетом взаимных влияний.

При таком рассмотрении системы (ЧМС) необходимо определить критериальные параметры, характеризующие основные состояния каждой из подсистем, которые необходимы для анализа системы в целом, а также исследовать и выявить диагностические факторы, характеризующие критериальные параметры.

Для этого необходимо выполнить исследования взаимосвязей каждого звена с целью выявления основных факторов риска, приводящих к авариям, а также можно определить опасные состояния системы и ее составляющих на основании имеющихся статистических материалов по аварийным ситуациям.

Подсистема безопасного ведения работ на технологическом участке включает в себя комплекс организационных мероприятий и технических средств, обеспечивающих контроль управления и прекращения технологического процесса при появлении нештатной ситуации, связанной с опасностью дальнейшего выполнения работ для обслуживающего персонала и оборудования.

Для оценки безопасности ведения работ необходимо знать, что происходит с выходами рассматриваемой подсистемы, как меняются состояния других подсистем, влияющих на безопасность работ, состояние аэрологической среды, техническое состояние оборудования и его цепей управления, а также общее состояние системы управления верхнего уровня.

При рассмотрении системы ЧМС необходимо исследовать как минимум 8 состояний системы, вытекающих из возможных состояний ее подсистем.

Рассматривая состояние системы ЧМС с учетом вероятности появления аварийной ситуации в каждой из состояний можно выбрать наиболее опасные из них, в которых вероятность риска достигает наиболее высоких значений.

Важным показателем, влияющим на безопасные свойства системы, является возможность контроля, прогноза и выдачи необходимой предупреждающей информации обслуживающему персоналу, находящемуся в

рабочей зоне технологического процесса, а также за ее пределами с целью оценки степени риска при появлении нарушения.

С этой точки зрения может быть получена экспертная оценка вероятности безопасной работы системы диагностирования и предупреждения, которая базируется на исследованиях психологов, — люди чувствуют себя в абсолютной безопасности, когда степень риска оценивается величиной 10^{-5} .

В этом случае справедливо неравенство $R_{дн} \leq 0,99999$, где $R_{дн}$ — вероятность возникновения отказа (нарушения исправного состояния) системы диагностирования и предупреждения обслуживающего персонала об опасности, что обеспечивается современными средствами диагностирования и управления.

К сожалению, нет четкого определения термина безопасности. Наиболее емкой представляется интерпретация безопасности как свойства объекта не быть источником ситуаций, опасных для людей и окружающей среды.

Безопасность может обеспечиваться с помощью специальных технических средств управления, защиты, предупредительной сигнализации и связи, а также систем контроля технического состояния и диагностики с элементами прогноза, организационными мероприятиями.

Показатель безопасности P носит вероятностный характер и может быть в общем случае выражен как функция вероятности трех составляющих: надежности выполнения технологических операций человеком $P_ч$; $P_м$ — надежности работы ГШО (функционирует согласно требованиям НТД); $P_с$ — надежности технологической среды и прогноза ее состояния.

$$P = F[P_ч F_1(f_3; f_5); P_м F_2(f_2; f_4); P_с F_3(f_1; f_6)] \quad (1)$$

где $f_1, f_2, f_3, f_4, f_5, f_6$ — функции взаимосвязей подсистемы (ЧМС); F — функция, формирующая значения $P_ч, P_м, P_с$.

Такая постановка задачи построения системы контроля безопасного состояния выполнения технологических процессов угольной шахты позволит учесть состояние всех элементов и взаимное влияние каждого из звеньев системы ЧМС, а технические средства контроля состояния и диагностики с

элементами прогноза позволят своевременно восстанавливать ресурс оборудования с целью предупреждения аварий и трагедий в угольных шахтах.

На пороге третьего тысячелетия мировой уровень электронных информационных технологий достиг значительных высот, что открыло новые возможности в техническом обеспечении безопасности работ угольных предприятий.

Современное техническое обеспечение информационных систем с обязательным прогнозом и оценкой опасности, а также степени риска выполняемой технологической задачи позволит существенно уменьшить количество трагедий на шахтах Украины.

Наиболее опасными факторами риска в подземных выработках являются взрывы (газа, пыли).

Возникновению взрыва предшествует стечение ряда обстоятельств, которые обусловлены наличием объективно существующих видов опасности, обусловленных внезапными выбросами, горными ударами, скоплением метана в опасных концентрациях, недостаточным воздухообменом, возникновением пожароопасной обстановки, повышением температуры окружающей технологической среды, отсутствием общешахтных систем контроля: состояния изоляции высоковольтных кабельных сетей; подземных подстанций и средств защиты; источников потенциально возможного искрения и др.

События, которые предшествуют развитию катастрофы, как правило носят случайный характер, обусловлены возникновением и развитием нескольких видов опасности и могут быть выявлены с помощью средств непрерывного контроля, многофакторного анализа и прогноза развития аварии.

Идея работы заключается в многофакторном контроле, анализе и прогнозе различных видов опасности, возникающих при осуществлении горных работ с максимальным использованием технических средств, работающих на основе созданных алгоритмов и специального программного обеспечения, с выдачей информации на терминальное устройство о развитии опасности в виде трех условий: «норма, «опасно», «работы прекратить».

Цель работы состоит в разработке и внедрении системы многофакторного контроля, прогноза и приборной оценки безопасности ведения горных работ при подземной добыче угля и проведении подготовительных выработок.

В состав «Системы ...» входят подсистемы обработки информации и контроля:

- выбросоопасности и горных ударов;
- воздухообеспечения шахты и температурных режимов;
- состояния кабельных сетей и подстанций, коммутационных аппаратов и средств защиты;
- содержания CH_4 , CO , объема поступающего воздуха;
- пожароопасности и средств пылеподавления;
- источников воспламенения и потенциально возможного искрения.

На общесистемном уровне должны решаться задачи многофакторного анализа ситуационной обстановки с учетом реальных факторов риска и выделением наиболее опасных совпадений этих факторов для принятия конкретных решений.

Очевидно, что только системный подход к оценкам развития аварийных ситуаций в совокупности с многофакторным контролем и прогнозом состояния безопасности ведения горных работ, приборной оценкой и машинной обработкой информации может рационально изменить состояние дел в этой области горного производства.

Существующая на шахтах система оценки безопасности горных работ, практически не имеет обобщенной информации для комплексной оценки безопасности на отдельных участках шахты.

Каждая служба горного надзора имеет «свою» информацию об опасностях преследующих горнорабочего.

Существующий на шахтах контроль видов опасностей является периодическим и только параметры метановыделения, в ограниченном количестве, контролируются непрерывно. Эта информация поступает с

запозданием к лицам, ответственным за безопасность, что не позволяет проследивать возникновение опасной ситуации, прогнозировать ее развитие и своевременно принимать решение по локализации и устранению опасности.

Учитывая изложенное, предлагается создать и внедрить комплексную систему многофакторного контроля и приборной оценки состояния безопасности ведения технологических процессов шахты, обеспечивающую раннее выявление развития и контроль потенциальных видов опасности, отображение на дисплеях опасных зон, с оповещением и выдачей рекомендации горнорабочим, находящимся в опасных зонах, а также регистрацией и отображением контролируемых подсистемами параметров.

Решение задачи. Случайное время пребывания системы в состоянии отказа будет складываться из времени $\tau_1(T)$ до очередного после отказа сеанса контроля и времени y_2 , то есть $\tau(T) = \tau_1(T) + y_2$ время пребывания системы в состоянии отказа до очередного после отказа сеанса контроля $\tau_1(T) = N(T + \theta) - y_1$, где N — порядковый номер сеанса КТС при котором будет обнаружен отказ системы, проработавшей безотказно время y_1 , $N = \text{ent}\left(\frac{y_1}{T + \theta}\right) + 1$. Здесь $\text{ent}(a)$ — целая часть a . Следовательно:

$$\tau(T) = \left[\text{ent}\left(\frac{y_1}{T + \theta}\right) + 1 \right] (T + \theta) + y_2 - y_1. \quad (2)$$

Пусть $F_4(t)$ — функция распределения случайной величины $\tau(T)$, которая принадлежит классу функций распределения с фиксированным первым моментом, тогда

$$\min_{\substack{F_i(t) \in F_{oi} \\ i=1,3}} P[\tau(T) < y_3] = \min_{\substack{F_3(t) \in F_{03} \\ F_4(t) \in F_{04}}} \int_0^{\infty} [1 - F_3(t)] \cdot dF_4(t), \quad (3)$$

Теперь необходимо найти минимум функции:

$$i = \int_0^{\infty} [1 - F_3(t)] \cdot dF_4(t) \quad (4)$$

при условиях:

$$\int_0^{\infty} t dF_3(t) = M_{13}; \int_0^{\infty} t dF_4(t) = M_{14}. \quad (5)$$

Эта задача относится к классу изопериметрических задач. Искомые функции $F_3(t)$ и $F_4(t)$ должны удовлетворять системе дифференциальных уравнений:

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial \Phi}{\partial F_i} \right) - \frac{\partial \Phi}{\partial F_i} = 0, \quad i=3,4, \quad (6)$$

где $F_i' = \frac{dF_i(t)}{dt}$,

$$\phi = [1 - F_3(t)] \cdot F_4'(t) + C_3 t_3 F_3'(t) + C_4 t_4 F_4'(t),$$

C_3, C_4 — постоянные множители Лагранжа. Система (6) приводится к виду:

$$\frac{dF_3(t)}{dt} = C_3; \quad \frac{dF_4(t)}{dt} = C_4. \quad (7)$$

С учетом условий (5) и того, что $\int_0^{\infty} dF_i(t) = 1, i=3,4$, имеем:

$$F_3(t) = \frac{t}{2M_{13}}, \quad (8)$$

$$0 \leq t \leq 2M_{13}; \quad F_4(t) = \frac{t}{2M_{14}}; \quad 0 \leq t \leq 2M_{14}.$$

Подставляя (8) в (4), получим для случая

$M_{13} > M_{14}$:

$$i = 1 - \frac{M_{14}}{M_{13}}. \quad (9)$$

Следовательно, $M_{14} \leq M_{12} + T + \Theta$, причем:

$$M_{14} = M_{12} + T + \Theta \quad (10)$$

в случае, если отказ наступает сразу после сеанса контроля. Из (4) с учетом (9) и (10) находим:

$$T = 2M_{13}(1 - P_0) - M_{12} - \Theta. \quad (11)$$

Если $M_{13} < M_{14}$, то можно получить

$$\min_{\substack{F_3(t) \in F_{03} \\ F_4(t) \in F_{04}}} \int_0^{\infty} [1 - F_3(t)] \cdot dF_4(t) < 0,5. \quad (12)$$

Из (10) и (12) следует, что математическое ожидание времени восстановления должно быть обязательно меньше безопасного времени пребывания системы в состоянии отказа.

В случае ужесточения требований к предотвращению катастрофических последствий возможных отказов (при увеличении вероятности P_0) может случиться так, что для заданных величин M_{12} и Θ даже непрерывный КТС не обеспечит требуемой вероятности P_0 .

В этих условиях необходимо совершенствовать систему контроля и восстановления в части уменьшения их длительности.

Отметим, что безопасное время пребывания системы в состоянии отказа является «внутренней» характеристикой системы (то есть присуще самой системе). Используя выражение (11) можно обоснованно формулировать требования к оперативным характеристикам, таким как среднее время восстановления работоспособности и длительности контроля.

Перечень ссылок

1. Захаров В.В., Кочегуров В. А., Саблин Н. И. Оптимизация эксплуатации ускорителей заряженных частиц. — М. Атомиздат. 1977 — 158 с.
2. Барзилович Е.Ю., Каштанов В.А. Некоторые математические вопросы теории обслуживания сложных систем. — М Советское радио. 1971 — 270 с.
3. Барзилович Е.Ю., Каштанов В.А. Организация и обслуживание при ограниченной информации и надежности. — М. Советское радио. 1971 — 270 с.
4. Каштанов В.А. О максимальных стратегиях при ограничениях на моменты распределений, Основные вопросы теории и практики надежности. — М. Советское радио 1979 — С. 143–155.
5. Корн Г., Корн Т. Справочник по математике для научных работников и инженеров. — М.: Наука, 1978 — 831 с.