

ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ СИСТЕМНОГО ПОДХОДА К ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ И ЭФФЕКТИВНОСТИ ТУШЕНИЯ ЭКЗОГЕННЫХ ПОЖАРОВ В УГОЛЬНЫХ ШАХТАХ

Решение проблемы обеспечения безопасности и эффективности тушения экзогенных пожаров в угольных шахтах неразрывно связано с прогрессом в создании современных технических средств и способов пожаротушения. Важное значение в этой связи приобретают принципы подхода к разработке и проектированию изделий противопожарного назначения, конструкция которых должна постоянно совершенствоваться по мере осложнения горно-технических и горно-геологических условий добычи угля. К сожалению, не всегда разрабатываемые технические средства пожаротушения соответствуют действующим нормативным требованиям и правилам техники безопасности. Зачастую это обусловлено тем, что разработчики изделий противопожарного назначения вынуждены одновременно решать две задачи – получить максимальный огнетушащий эффект и обеспечить минимальные затраты на разработку и изготовление новой техники. Для решения первой задачи необходимо знать причины возникновения и характер развития пожара, иметь достоверные данные об изменениях его параметров с тем, чтобы управлять ими с помощью технических средств и способов пожаротушения. Вторая, экономическая задача, заключается в нахождении оптимального решения из множества возможных вариантов. Эта задача усложняется необходимостью учета большого количества технико-экономических и социальных факторов, среди которых особое место занимает эффективность и безопасность применения изделий противопожарного назначения. Как правило, указанные факторы закладываются в техническую документацию и оцениваются разработчиками на этапе создания макетных и экспериментальных образцов. Испытания проводят в лабораторных и полигонных условиях по стандартным методикам, после чего корректируется конструкторская документация с учетом выявленных технических недостатков. В соответствии с откорректированной конструкторской документацией заводы-изготовители выпускают опытную партию изделий, которые испытывают в шахтных условиях.

Основным комплексным показателем степени соответствия изделия своему прямому назначению является эффективность. Обычно при определении эффективности проектируемых средств противопожарной защиты используют различные аппроксимационные модели, основанные, как правило, на применении законов теории вероятности и математической статистики*. Эти модели разрабатывают предполагая, что процесс эксплуатации изделия определяется внешними причинами и зависит от внутреннего состояния системы. Очевидно, что современные средства тушения экзогенных пожаров представляют собой сложные инженерно-технические системы, состоящие из большого количества узлов и деталей, которые в конечном счете влияют на эффективность изделия в целом.

Комплексный показатель эффективности представляет собой количественное соотношение между приведенными затратами на разработку и изготовление

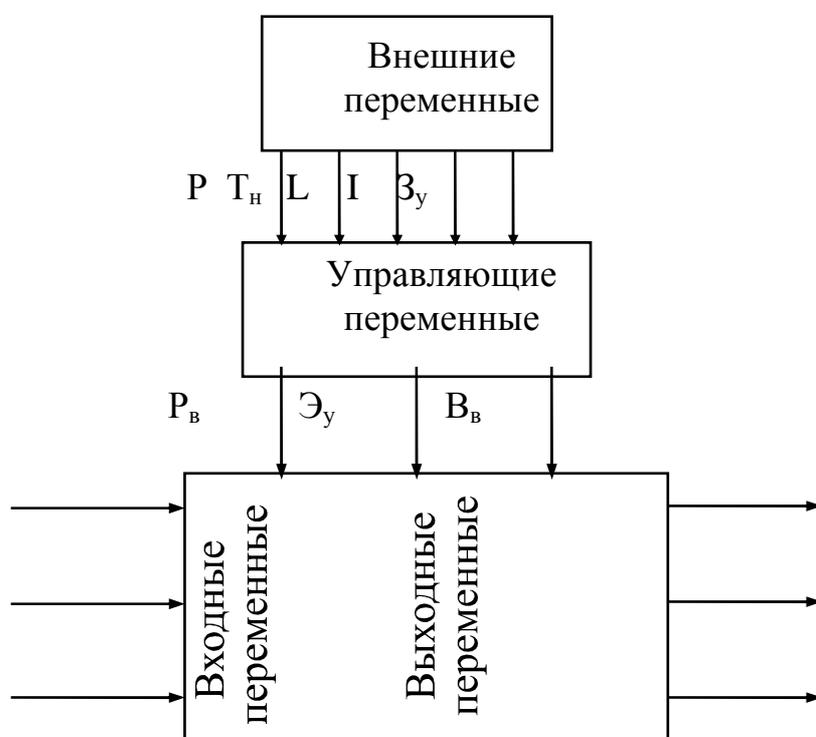
изделия и возможным ущербом от пожара. Этот показатель выражается в виде функциональной зависимости

$$\Phi = \Phi(\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n; \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n; \gamma_1, \gamma_2, \dots, \gamma_n), \quad (1)$$

где $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n$ - параметры изделия; $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n$ - параметры среды; $\gamma_1, \gamma_2, \dots, \gamma_n$ - приведенные затраты.

Показатель эффективности в данном случае выражается функционалом от процесса функционирования.

Обычно в практике разработки технических средств пожаротушения подразумевают огнетушащую эффективность изделий, которая определяется по соответствующим методикам. Говоря о безопасности тушения экзогенных пожаров в угольных шахтах, следует иметь в виду не абстрактную безопасность горнорабочих и горноспасателей, обеспеченную с помощью технических средств и способов, путем снижения воздействия негативных факторов пожара и взрыва до нормированных значений, не оказывающих вредного воздействия на организм человека (на рисунке $q_{п}'$, $V_{п}'$, T').



Блок-схема процесса

Все переменные величины классифицированы по общим признакам на входные, внешние, выходные и управляющие. Входные величины представляют собой параметры развитого подземного пожара (тепловая мощность пожара $q_{п}$, Дж/с; скорость распространения $V_{п}$, м/ч; температура пожарных газов T на заданном расстоянии от очага пожара, °C).

Выходные параметры пожара регламентируются "Правилами безопасности в угольных шахтах" (Киев, 1996) и "Уставом ГВГСС по организации и ведению горноспасательных работ" (Киев, 1997).

В качестве управляющих переменных принимаются параметры технических средств пожаротушения: вид огнетушащего вещества B_v ; расход огнетушащего

вещества P_v , кг/с; огнетушащая эффективность конкретной установки по тушению модельного очага пожара \mathcal{E}_y , м². Внешними переменными, обеспечивающими нормальную работу установок пожаротушения будут: рабочее давление в баллонах P , МПа; время возможной непрерывной работы T_n , ч; возможная дальность подачи огнетушащего вещества или состава L , м; интенсивность огнетушащего вещества конкретной установки Z_y , кг.

Для нормального функционирования системы управления, представленной на рисунке, необходимо знать не только начальные значения входящих параметров объекта управления, но и скорость изменения значений этих переменных, т.е. динамические характеристики процесса.

Данные о входных и выходных переменных объекта управления позволяют построить модель процесса тушения пожара с помощью конкретного технического средства или способа. Рассмотрим простейший случай построения модели процесса по одной из переменных на входе и выходе. Пусть на входе объекта управления имеем случайную функцию X , а на выходе - случайную функцию Y . Требуется определить вероятностные характеристики объекта. Построенные по экспериментальным данным корреляционные K_{xx} и взаимные корреляционные K_{yx} функции позволяют составить уравнение, описывающее динамику изменения объекта:

$$K_{xx}G = K_{yx} \quad (2)$$

где K_{xx} - корреляционная матрица, составленная по значениям ординат корреляционной функции входной случайной функции $X(t)$,

$$K_{xx} = \left\| K_{ij} \right\|,$$

где $K_{ij} = K_{ji}$; $K_{ij} = K_{xx}(j-y)$; $i, j = 1, 2, 3, \dots, m$; K_{yx} - матрица-столбец, элементами которой являются ординаты взаимной корреляционной функции входа и выхода.

$$K_{yx} = \left\| \begin{array}{c} K_1 \\ K_2 \\ \dots \\ K_m \end{array} \right\|, \quad Ki = \frac{K_{yx}(i, T)}{T} \quad (3)$$

G - матрица-столбец, состоящая из элементов, представляющих собой значение ординат искомой весовой функции,

$$G = \left\| \begin{array}{c} g_1 \\ g_2 \\ \dots \\ g_m \end{array} \right\| \quad (4)$$

Значения ординат весовой функции g_i , $i = 1, 2, 3, \dots, m$ используются для дальнейшего моделирования и синтеза системы управления, выбора методов и параметров контроля, расчета точности и др.

Если путем идентификации по экспериментальным данным построить для стационарных линейных объектов аналитическую весовую функцию, то это позволит найти и другие важные характеристики объекта, например передаточную

функцию $G(p)$. По известной весовой функции $g(\tau)$ с помощью преобразования Лапласа находим:

$$G(p) = \int_0^{\infty} g(\tau) \exp(-p\tau) d\tau \quad (5)$$

Если $p = i\omega$, то частотная характеристика объекта будет

$$G(i\omega) = \int_0^{\infty} g(\tau) \exp(-j\omega\tau) d\tau. \quad (6)$$

В соответствии с передаточной функцией $G(p)$ можно записать уравнение, описывающее динамику изменения объекта, в следующем виде:

$$\sum_{i=0}^n a_i \frac{d^i y(t)}{dt^i} = \sum_{j=0}^m b_j \frac{d^j x(t)}{dt^j}, \quad (7)$$

Изложенные принципы системного подхода позволят обосновать выбор параметров технических средств и способов пожаротушения и обеспечить безопасность и эффективность ведения аварийно-спасательных работ.