

## КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ ТРАВМАТИЗМА

*С. А. Крутенко, канд. техн. наук (Госгорпромнадзор Украины)*

*Розглянуто питання кількісної оцінки показників травматизму. Виявлено закономірності виникнення травматизму від дії різних гірничо-геологічних та організаційно-технічних факторів.*

Травматизм на угольных шахтах оценивается по общему числу травмированных, числу смертельно травмированных и по их относительным показателям [1]:

число травмированных на 1000 трудящихся

$$K_{\text{ч}} = \frac{N_{\text{тр}} 1000}{C}; \quad (1)$$

число травмированных на 1 млн тонн добычи угля

$$K_{\text{д}} = \frac{N_{\text{тр}}}{D}, \quad (2)$$

где  $N_{\text{тр}}$  – число травмированных, чел.;  $C$  – списочный состав трудящихся, чел.;  $D$  – добыча, млн т.

Значения  $K_{\text{ч}}$  и  $K_{\text{д}}$  вычисляются как по общему, так и по смертельному травматизму, при этом, как правило, эти значения рассчитываются за промежуток времени, равный одному году.

Однако этот показатель имеет существенный недостаток, заключающийся в том, что его значение зависит не только от количества несчастных случаев, но и от числа работающих и исчисляемого промежутка времени (месяц, квартал, год). Поэтому в качестве оценочного и прогностического показателя предлагается использовать коэффициент частоты, приведенный к концу квартала или года ( $K_{4\text{п}}$ ):

$$K_{4\text{п}} = \frac{4K_4}{N_{\text{кв}}}; \quad (3)$$

$$K_{4\text{п}} = \frac{12K_4}{N_{\text{м}}}, \quad (4)$$

где  $K_4$  – традиционный коэффициент частоты;  $N_{\text{кв}}$ ,  $N_{\text{м}}$  – соответственно число кварталов или месяцев, за которое определялось число несчастных случаев.

При сравнении показателей травматизма разность между ними считается существенной (не случайной), если она превышает свою среднюю ошибку не менее чем в 2 раза, то есть

$$|k' - k''| \geq 2m; \quad (5)$$

$$m = \left[ \frac{k'(100 - k')}{n'} + \frac{k'(1000 - k'')}{n''} \right]^{1/2}, \quad (6)$$

где  $k'$ ,  $k''$  – коэффициент частоты за текущее и предшествующее время;  $n'$ ,  $n''$  – число работников в текущее и предшествующее время.

Степень влияния различных факторов на показатели травматизма определяется методом многофакторного регрессионного анализа [2]. Например, зависимость интенсивности травматизма ( $\beta$ ) от различных факторов для очистных забоев шахт объединения «Воркутауголь» имеет следующий вид:

$$\begin{aligned} \beta = & 0,006213 + 0,659m - 0,00736L + 0,00466v - 0,04332\alpha + \\ & + 0,0997k_n - 0,0279w - 0,0000359B^2 - 0,0206m^2 + 0,000311L - \\ & - 0,0000613\sigma^2 + 0,00151\alpha^2 - 1,02k_n + 0,000170w^2 - 2,327, \end{aligned} \quad (7)$$

где  $m$  – мощность пласта, м;  $\alpha$  – угол падения, град;  $w$  – прочность пород на растяжение, кг/см<sup>2</sup>;  $k_n$  – степень перекрытия кровли в очистном забое;  $B$  – среднемесячная численность работников на добычном участке, чел.;  $L$  – длина лавы, м;  $v$  – скорость подвигания очистного забоя, м/мес.

Регрессионный анализ позволяет оценить степень влияния различных факторов на исследуемый процесс, однако выбор влияющих факторов носит субъективный характер и зависит от эрудиции исследователя.

Для условий шахт объединения «Советскуголь» зависимости коэффициентов частоты, обусловленных обвалами и обрушениями ( $y_1$ ) и работой машин и механизмов ( $y_2$ ), имеют вид

$$y_1 = 0,06x_1 + 1,08x_2 + 0,36x_3 + 0,1x_4 + 0,51x_5 - 32,8; \quad (8)$$

$$y_2 = 0,002x_4x_6 + 0,316x_2 + 0,01x_1 + 0,02x_7 - 3,9, \quad (9)$$

где  $x_1$  – крепость пород;  $x_2$ ,  $x_3$  – уровень дефектности горных выработок;  $x_4$  – число нарушений правил безопасности;  $x_5$  – показатель тугоухости среди горнорабочих;  $x_6$  – уровень механизации;  $x_7$  – среднесуточная нагрузка на очистной забой.

В качестве основных факторов, оказывающих влияние на травматизм, приняты показатели по актам расследования несчастных случаев, и уравнение регрессии имеет вид

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_4x_4 + b_5x_5 + b_6x_6 + b_7x_7 + b_8x_8, \quad (10)$$

где  $x_1$  – причина несчастного случая;  $x_2$  – вид происшествя;  $x_3$  – стаж работы потерпевшего;  $x_4$  – возраст потерпевшего;  $x_5$  – число часов от начала смены до несчастного случая;  $x_6$  – оборудование – источник несчастного случая;  $x_7$  – вина предприятия;  $x_8$  – вина пострадавшего.

Как следует из приведенных примеров, для решения одного и того же вопроса – анализа травматизма приняты различные влияющие факторы. Это, с одной стороны, приводит к получению разных результатов, с другой стороны, указывает на большое число факторов, влияющих на травматизм.

Выполненный анализ показал, что на травматизм оказывает влияние множество факторов, причем некоторые факторы не могут быть учтены.

Поэтому травматизм и аварийность следует рассматривать как случайный процесс. Поскольку аварийность и травматизм на шахтах имеют массовый характер, то этот случайный процесс может быть выражен определенной функциональной зависимостью, выбор которой зависит от вида распределения случайной величины.

При анализе травматизма в угольной промышленности Германии установлено, что вероятность распределения числа часов до возникновения несчастного случая подчиняется нормальному закону распределения. Аналогичный результат был получен и при анализе травматизма для других отраслей народного хозяйства.

Американские ученые А. Аскрен, Т. Регулинский и др. считают возможным применение классических методов теории надежности для определения характеристик надежности системы человек–окружающая среда. В работах американских ученых показана возможность применения следующих законов распределения времени между ошибками, допускаемыми операторами: нормального, логарифмически нормального, экспоненциального, гамма-распределения и распределения Вейбулла.

При известном виде распределения может быть определена степень влияния различных факторов на исследуемый показатель. В других работах показана возможность использования функции распределения для установления степени влияния различных факторов на травматизм. В них установлено, что промежуток времени отсутствия аварии ( $x$ ) подчиняется распределению Вейбулла

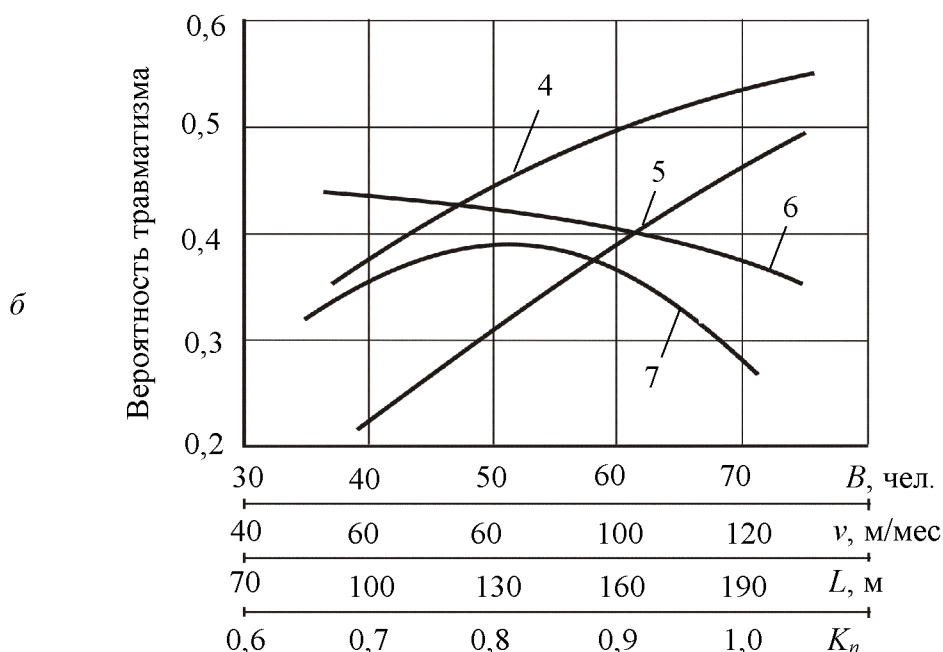
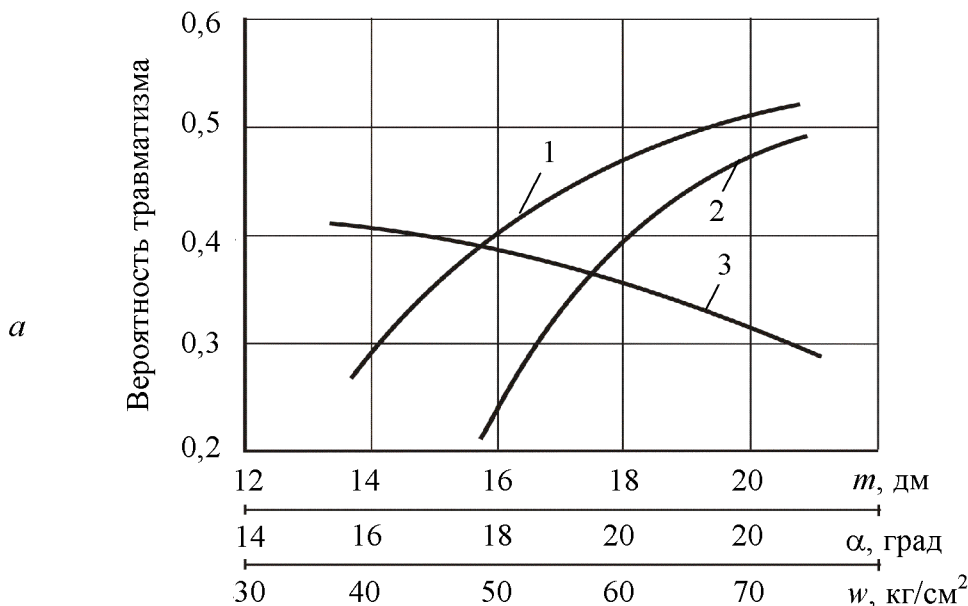
$$F(x) = 1 - \exp(-\beta x^a). \quad (11)$$

Зависимость параметра  $\beta$  как функции от различных факторов имеет следующий вид:

$$\left. \begin{aligned} \beta_B &= 0,66 + 0,0062B - 0,0000359B^2; \\ \beta_m &= -4,3 + 0,659m - 0,0206m^2; \\ \beta_L &= 1,436 - 0,00736L + 0,000311L^2; \\ \beta_\alpha &= 1,241 - 0,0231111112\alpha + 0,00151\alpha^2; \\ \beta_n &= 1,583 + 0,0997k_n - 1,02k_n^2; \\ \beta_v &= 1,773 - 0,0279v + 0,00017v^2. \end{aligned} \right\} \quad (12)$$

Наименования принятых в формулах (12) обозначений приведены в пояснениях к формуле (7).

После подстановки в формулу (12) значений параметра  $\beta$ , при условии анализа травматизма за 1 месяц ( $a = 1$ ), были получены значения вероятности травматизма от действия различных факторов (рисунок).



Зависимость вероятности травматизма от действия различных факторов: *a* – горно-геологические факторы; *б* – горнотехнические факторы; 1 – прочность вмещающих пород; 2 – мощность пласта; 3 – угол падения; 4 – скорость подвигания забоя; 5 – степень перекрытия кровли; 6 – численность персонала; 7 – длина лавы

### Выводы

Травматизм на шахтах угольной отрасли характеризуется такими чертами, как массовость и случайность, и процесс его формирования может быть выражен функциональной зависимостью, выбор которой зависит от вида (закона) распределения случайной величины.

При установлении вида распределения вероятности числа травмируемых параметры распределения могут быть выражены через значения действующих на травматизм факторов или через время, что позволяет установить закономерности возникновения травматизма от действия различных горно-геологических и организационно-технических факторов или зависимость

травматизма от времени. В последнем случае может быть получена зависимость для определения прогнозных значений числа травмируемых.

1. *Денисенко Г. Ф.* Охрана труда: Учеб. пособие для инж.-экон. спец. вузов. – М.: Высшая школа, 1985. – 319 с.

2. *Володин И. Н., Иоффе В. М.* Вероятностные модели травматизма и распределение числа несчастных случаев на промышленных предприятиях // Вопросы техники безопасности. – М. – 1973. – С. 5–23.