

УДК 622.8:614.8.01

В.Ю. ДЕРЕВЯНСКИЙ, *ст. науч. сотрудник, МакНИИ, г. Макеевка***ОЦЕНКА СВЯЗНОСТИ ПРИЧИН ТРАВМАТИЗМА
В СТРУКТУРЕ ФУНКЦИИ ОПАСНОСТИ ШАХТНОЙ
ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СИСТЕМЫ**

Установлено, что причины несчастных случаев, составляющие функцию опасности шахтной производственной системы, обладают структурным свойством связности. Для ее количественной оценки предложено вычислять коэффициент связности причин. Приведены примеры и рекомендации по применению оценки связности причин при анализе несчастных случаев и разработке мероприятий по их предотвращению на угольных шахтах.

Ключевые слова: несчастный случай, травматизм, шахтная производственная система, функция опасности системы, ситуация травмирования человека, причина, структура, связность.

Одним из новых подходов к исследованию и профилактике несчастных случаев (НС) в угольной промышленности является ситуационный подход. Он основан на ситуационной модели НС [1] и заключается в следующих положениях [2]. К НС приводит не любая произвольная, а только определенная комбинация причин НС или одна определенная причина. Указанная комбинация представляет собой элементарную конъюнкцию (логическое произведение) причин и условно названа «ситуацией травмирования человека» (СТ)

$$K = x_1 \wedge x_2 \wedge \dots \wedge x_r = \bigwedge_{i=1}^r x_i,$$

где K – СТ;

x_1, x_2, \dots, x_r – причины НС;

r – количество причин в СТ (ранг конъюнкции);

i – порядковый номер причины НС;

\wedge – знак логического умножения (конъюнкции).

Из этого условия следует, что исключение минимум одной причины из СТ делает возникновение НС невозможным. Таким образом, профилактика травматизма не требует предотвращения абсолютно всех причин, а сводится к тому, чтобы не допустить появления хотя бы одной причины в СТ.

Каждый случай производственного травматизма на угольной шахте происходит в пределах шахтной производственной системы (ШПрС) «человек – средства труда – среда» [1, 2]. В любой реальной ШПрС травматизм по какому-либо опасному производственному фактору обусловлен, как правило, не одной, а множеством СТ. Анализ актов расследования случаев травматизма, происшедших в определенной ШПрС по исследуемому фактору, а также моделирование причин опасных событий позволяют установить перечень СТ и составить на их основе функцию опасности системы (ФОС) $y(x_i)$ в виде логической матрицы [2].

Причины, входящие в состав СТ, и связи между ними образуют структуру ФОС. Обзор литературных источников не выявил работ по структурному анализу указанных функций [3-6].

Анализ ФОС, построенных по данным актов расследования НС, происшедших на угольных шахтах по разным факторам, установил наличие повторяющихся причин в разных СТ. Это свидетельствует о существовании свойства структурной связности причин НС [7].

Причины, обладающие наибольшим уровнем связности, подлежат приоритетной профилактике, т.к. их предотвращение приводит к недопущению травматизма сразу по нескольким СТ (указанные причины являются связующими звеньями между разными ситуациями в ФОС). Поэтому необходимо разработать порядок количественной оценки связности причин в структуре ФОС, который позволит ранжировать причины травматизма в порядке важности их профилактики.

Целью статьи является разработка порядка оценки связности причин травматизма в структуре ФОС и рекомендаций по практическому применению полученных результатов.

Для достижения поставленной цели требуется решить следующие задачи:

- разработать порядок оценки связности причин НС в структуре ФОС;
- привести примеры такой оценки для ФОС разной структуры и на их основе определить условия, от которых зависит уровень связности причин;
- разработать рекомендации по применению результатов оценки связности причин при анализе травматизма и разработке профилактических мероприятий.

Оценку связности причин НС удобно осуществлять с помощью таблицы, в которой выполняется попарный анализ связей оцениваемой причины с другими причинами. Показатель наличия (отсутствия) связи между оцениваемой причиной x_i и другой причиной x_j в исследуемой ФОС обо-

значим через b_{ij} : $b_{ij} = (x_i; x_j)$ [7]. При наличии указанной связи $b_{ij}=1$, при ее отсутствии – $b_{ij}=0$. Парный анализ межпричинных связей проводится отдельно по каждой СТ, приведенной в ФОС. Если такая связь между причинами x_i и x_j в СТ существует, то в таблице на пересечении строки и столбца, соответствующих этим причинам, ставится 1, если такой связи нет – записывается 0. По диагонали, соответствующей самим оцениваемым причинам, в таблице ставятся прочерки.

Количество связей причины x_i с другими причинами, которое обозначим $B(x_i)$, равно

$$B(x_i) = \sum_{i=1}^n b_{ij},$$

где n – общее число причин в ФОС.

Для количественной оценки связности причин в структуре ФОС предлагается использовать коэффициент связности $k_{св.i}$, который вычисляется как отношение количества межпричинных связей оцениваемой причины x_i к сумме межпричинных связей всех причин в исследуемой ФОС. Указанная сумма является интегральным показателем ФОС по критерию связности входящих в ее состав причин

$$\sum_{i=1}^n B(x_i) = B(S_k),$$

где S – ШПрС;

k – порядковый номер ШПрС.

На основании изложенного, коэффициент связности причины оценивается из выражения

$$k_{св.i} = B(x_i) / B(S_k). \quad (1)$$

Ниже приведены примеры вычислений $k_{св.i}$ из уравнения (1) для ФОС с разной структурой (результаты сведены в таблицы 1-3).

1. ФОС y_1 состоит из одной СТ с тремя причинами

$$y_1(x_1, x_2, x_3) = |K| = x_1 x_2 x_3.$$

Таблица 1

Оценка связности причин для условий ФОС y_1

Причины, x_i	Причины, x_j			Результаты оценки связности причин		
	x_1	x_2	x_3	$B(x_i)$	$k_{св.i.}$	ранг
x_1	-	1	1	2	0,333	1
x_2	1	-	1	2	0,333	1
x_3	1	1	-	2	0,333	1
Сумма, $B(S_k)$				6	-	-

2. ФОС y_2 состоит из трех СТ по одной причине в каждой

$$y_2(x_1, x_2, x_3) = \begin{vmatrix} K_1 \\ K_2 \\ K_3 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{vmatrix}.$$

Таблица 2

Оценка связности причин для условий ФОС y_2

Причины, x_i	Причины, x_j			Результаты оценки связности причин		
	x_1	x_2	x_3	$B(x_i)$	$k_{св.i.}$	ранг
x_1	-	0	0	0	0	1
x_2	0	-	0	0	0	1
x_3	0	0	-	0	0	1
Сумма, $B(S_k)$				0	-	-

3. ФОС y_3 состоит из четырех СТ и семи причин

$$y_3(x_1, x_2, \dots, x_7) = \begin{vmatrix} K_1 \\ K_2 \\ K_3 \\ K_4 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} x_1 x_2 \\ x_1 x_3 x_4 \\ x_4 x_5 x_6 \\ x_6 x_7 \end{vmatrix}. \quad (2)$$

Таблица 3

Оценка связности причин для условий ФОС y_3

Причины, x_i	Причины, x_j							Результаты оценки связности причин		
	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	$B(x_i)$	$k_{св.i}$	ранг
x_1	-	1	1	1	0	0	0	3	0,1875	2
x_2	1	-	0	0	0	0	0	1	0,0625	4
x_3	1	0	-	1	0	0	0	2	0,1250	3
x_4	1	0	1	-	1	1	0	4	0,2500	1
x_5	0	0	0	1	-	1	0	2	0,1250	3
x_6	0	0	0	1	1	-	1	3	0,1875	2
x_7	0	0	0	0	0	1	-	1	0,0625	4
Сумма, $B(S_k)$								16	-	-

Связность причин зависит от общего количества в исследуемой ФОС причин и СТ, а также числа межпричинных связей. Чем больше причин и меньше СТ в ФОС, тем выше связность причин.

Предварительные результаты оценок связности причин в ФОС разной структуры с помощью уравнения (1) позволили сформулировать следующие рекомендации по практическому применению таких оценок при анализе НС и разработке мероприятий по их предотвращению.

На основе значений $k_{св.i}$ выполняется ранжирование причин НС в порядке важности их профилактики. Причины, которые приводят к травматизму сразу по нескольким СТ, обладают наибольшими значениями коэффициента связности, имеют наивысший ранг и подлежат приоритетной профилактике.

Причины с «нулевой» связностью представляют случай, когда СТ состоит из одной причины, которая в данной ФОС больше не повторяется. Такие причины получают наименьший ранг, поскольку их профилактика предотвращает травматизм в исследуемой ФОС только по одной СТ.

Свойство структурной связности причин НС целесообразно учитывать при обосновании создания новых и совершенствования существующих средств и мер защиты шахтеров, а также при перепроектировании структуры ШПрС, которая должна отвечать требованиям простоты и эффективности.

Значение $B(S_k)$ рекомендуется использовать для сравнительной оценки разных ФОС по критерию связности входящих в их состав причин. ФОС, обладающие одинаковым количеством СТ и причин, могут иметь разную связность последних. Например, если в матрице (2) из третьей си-

туации исключить причину x_4 , значение $B(S_k)$ уменьшится с 16 (табл. 3) до 14.

В ФОС с высоким уровнем связности причин имеется большой выбор причин – связующих звеньев между разными СТ, на основе которых можно составить минимальные условия невозникновения случаев травматизма, даже при наличии других причин.

Изложенные в настоящей работе положения применимы при анализе травматизма и разработке профилактических мероприятий в любых отраслях отечественной экономики.

Дальнейшие работы должны быть направлены на исследование других структурных свойств причин травматизма.

ВЫВОДЫ

Причины травматизма, составляющие функцию опасности ШПрС, обладают свойством структурной связности. Для количественной оценки связности причин предложено использовать коэффициент связности, который вычисляется как отношение количества межпричинных связей оцениваемой причины к сумме связей всех причин в исследуемой ФОС. Оценку связности причин необходимо осуществлять при анализе травматизма и разработке мероприятий по его предотвращению на угольных шахтах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Деревянский В. Ю. Ситуационная модель несчастного случая / В. Ю. Деревянский // Способы и средства создания безопасных и здоровых условий труда в угольных шахтах: сб. науч. тр. / МакНИИ. – Макеевка: МакНИИ, 2014. – Вып. 1 (33). – С.99 – 107.
2. Деревянский В. Ю. Ситуационный подход к управлению безопасностью шахтных производственных систем / В. Ю. Деревянский // Матеріали Міжнародної конференції «Форум гірників -2013». – Днепропетровск: НГУ, 2013. – Т. 3. – С.124-129.
3. Бабокин И. А. Система безопасности труда на горных предприятиях / И. А. Бабокин. – М.: Недра, 1984.– 320с.
4. Pietrzak L. Analiza wypadków przy pracy dla potrzeb prewencji / L. Pietrzak. – Warszawa: Główny inspektorat pracy, 2007. – 104 s.
5. Графо–аналитический метод определения причин несчастного случая / [В. Н. Миц, Р. С. Грих, А. Л. Галушко, И. Т. Чуйко] // Безопасность труда в промышленности. – 1973.– №5.– С. 24–26.
6. Френкель Ю. М. Исследование генезиса травмоопасных ситуаций при ведении горных работ в шахтах и разработка рекомендаций по их пре-

дупреждению: автореф. дисс. на соиск. учен. степ. канд. техн. наук: спец. 05.26.01 «Охрана труда» / Ю. М. Френкель. – Кемерово: ВостНИИ, 1978.– 24 с.

7. Касти Дж. Большие системы. Связность, сложность и катастрофы / Дж. Касти; пер. с англ. Ю.П. Гупало, А.А. Пионтковский. – М.: Мир, 1982. – 216 с.

Получено: 03.04.17

It is set that reasons of accidents, constituents function of danger of the mine production system, possess structural property of connectedness. For its quantitative estimation it is suggested to calculate the coefficient of connectedness of reasons. Examples are resulted and to recommendation on application of estimation of connectedness of reasons at the analysis of accidents and development of measures on their prevention on coal mines.

Keywords: accident, traumatism, mine production system, function of danger of the system, situation of injuring of man, reason, structure, connectedness.