

Влияние различных факторов на травматизм в угольной промышленности

При планировании работы угольной промышленности и ее отдельных предприятий, прежде всего угольных шахт, опасных по газу или пыли, особого внимания требует негативный процесс подземного травматизма и причины его непосредственно определяющие. Рассматривая угольную шахту как эргатический объект типа человек–машина–среда [1, 2], можно методами параметрической и непараметрической статистики, и в частности, корреляционного и регрессионного анализа [3], вывести и проанализировать ряд зависимостей, позволяющих на их основе осуществить всестороннюю проверку и оценку процесса промышленного травматизма на объекте, наметить оптимальные пути его снижения. Расчеты выполнены на основании данных за 1999 – 2009 гг. (представлены одной из крупнейших угольных шахт Донецкого региона).

- В качестве *анализируемых факторов* в расчетах приняты: добыча угля (т/сут); численность трудящихся (чел.); производственный травматизм (несчастный случай).

- Среди *травмирующих факторов* рассмотрены: обрушение пород кровли, вываливание угля; машины (механизмы, приспособления, инструменты); транспортные средства; перемещаемые грузы и другие предметы; падения людей; электричество.

- По *месту травмирования* данные разделены как полученные: в очистных и проходческих забоях; на протяжении горных вы-

работок; в подземных выработках; на поверхности шахты.

- Кроме того, данные разделены *по профессиям*: горнорабочий очистного забоя; машинист горновыемочной машины; проходчик; крепильщик; электрослесарь; машинист электровоза; мастер-взрывник; инженерно-технический работник; другие специальности.

Линейная зависимость производственного травматизма $y(x_1, x_2) = a_1x_1 + a_2x_2 + b$ от объема добычи угля x_1 при изменении от 1972 до 6750 и численности рабочих x_2 , изменяющейся от 5071 до 7832, с коэффициентом множественной корреляции 0,825 имеет вид

$$y(x_1, x_2) = -0,024x_1 + 0,034x_2 - 66,29.$$

С надежностью 0,95 доверительные интервалы для коэффициентов этой зависимости: для $a_1 - (-0,037; -0,01)$, для $a_2 - (0,004; 0,014)$, для $b - (-143,14; 10,56)$. Прогноз числа травмированных рабочих на 2010 г. равен 46. Доверительный интервал для прогноза – (7;85).

Полученные уравнения и критерии их статистической оценки приведены в таблице, из анализа которой следует, что большинство зависимостей различных факторов от времени имеют: линейный или квадратичный характер с тенденциями к возрастанию или к снижению; достаточно высокие значения коэффициентов парной или множественной корреляции и детерминации и соответственно «узкие» значения доверительных интервалов, определенные при 95 %-ном уровне значимости.



А. Г. МНУХИН,
доктор техн. наук
(МакНИИ)

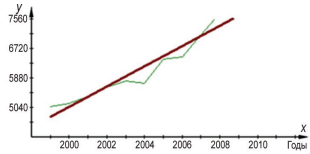
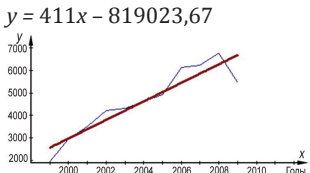
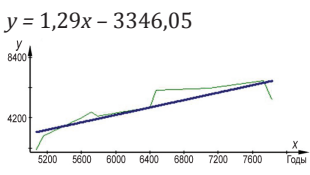
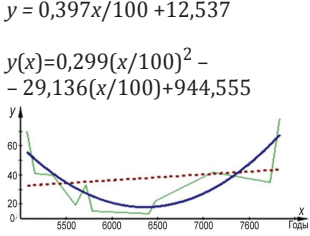
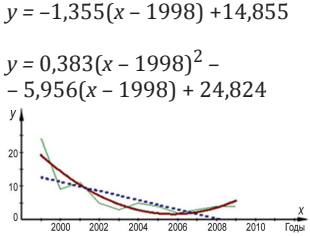
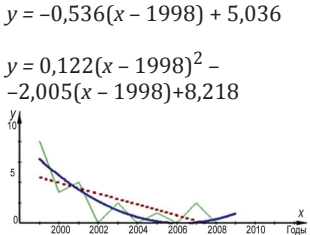


С. Я. МАХНО,
доктор физ.-мат. наук
(Ин-т прикладной математики
и механики НАН Украины)

Графическая интерпретация первых полученных уравнений представлена на рис. 1, а, б, из которых следует, что численность рабочих и объем добычи угля имеют устойчивую тенденцию к возрастанию, причем динамика объема добычи товарной продукции (159,6 %) значительно превышает аналогичную тенденцию роста численности персонала – 42,7 %, что можно объяснить только увеличением интенсивности работы – 540 % и налаживанием процесса производства на рассматриваемом предприятии (рис. 1, в).

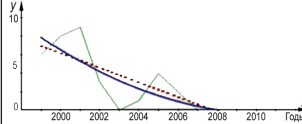
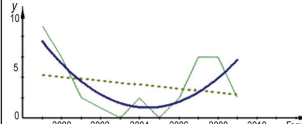
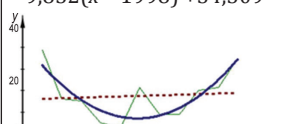
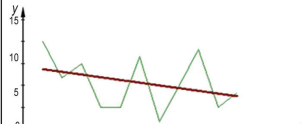
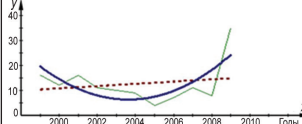
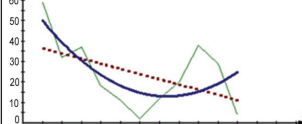
Кривые общего травматизма как в зависимости от времени, так и от численности персонала имеют нелинейный параболический характер и могут быть описаны, как упоминалось, методами непараме-

БЕЗОПАСНОСТЬ ТРУДА

Зависимость	Регрессионная зависимость (линейная $y = a_1(x - x_0) + b$; квадратичная $y = a_2(x - x_0)^2 + a_1(x - x_0) + b$) и рис. 1	Коэффициент корреляции r	x_{\min}/x_{\max}	Доверительный интервал для			Прогноз	Доверительный интервал для прогноза Δ
				a_1	a_2	b		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Численности рабочих y от времени x (рис. 1, а)	$y = 288,33x - 571606,31$ 	0,967	1999/ 2009	230,89; 345,76		-686707,49; -456505,13	7937	7227; 8647
Объема добычи угля y от времени x (рис. 1, б)	$y = 411x - 819023,67$ 	0,930	1999/ 2009	288; 254		-1065025,65; -573021,7	7086,38	5568,34; 8604,32
Объема добычи угля y от численности рабочих x (рис. 1, в)	$y = 1,29x - 3346,05$ 	0,870	5071/ 7832	0,73; 1,84		-6821,17; 129,07	702,36	6094,71; 7910,00
Травматизма y от численности рабочих x (рис. 1, д)	$y = 0,397x/100 + 12,537$ $y(x) = 0,299(x/100)^2 - 29,136(x/100) + 944,555$ 	0,18 0,81	13/79	-1,2; 2,0 -46,806; -11,466	0,092; 0,365	-87,52; 112,59 384,194; 1504,916	44 55	0; 102 18; 92
Травматизма из-за обрушения пород кровли и обвалов угля y от времени x (рис. 1, е)	$y = -1,355(x - 1998) + 14,855$ $y = 0,383(x - 1998)^2 - 5,956(x - 1998) + 24,824$ 	0,71 0,91	1999/ 2009	-2,367; -0,342 -8,87; -3,042	0,147; 0,62	7,987; 21,722 17,216; 32,432	0 9	0; 11 0; 17
Количества травм транспортными средствами y от времени x (рис. 1, ж)	$y = -0,536(x - 1998) + 5,036$ $y = 0,122(x - 1998)^2 - 2,005(x - 1998) + 8,218$ 	0,72 0,91	1999/ 2009	-0,93; -0,142 -3,424; -0,585	0,007; 0,238	2,366; 7,707 4,511; 11,925	0 2	0; 3 0; 6

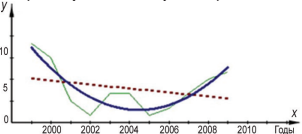
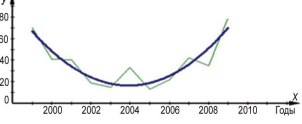
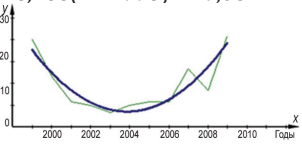
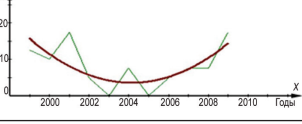
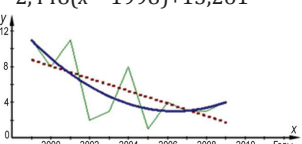
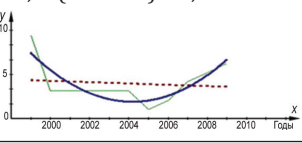
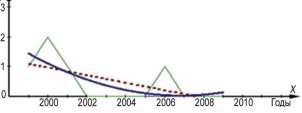
БЕЗОПАСНОСТЬ ТРУДА

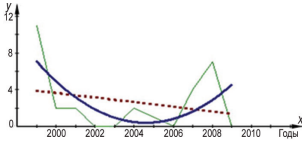
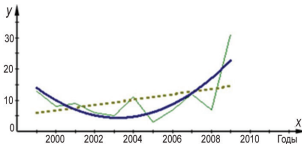
Продолжение таблицы

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Количества травм грузами и предметами у от времени x (рис. 1, з)	$y = -0,791(x - 1998) + 7,745$ $y(x) = 0,06(x - 1998)^2 - 1,532(x - 1998) + 9,352$ 	0,78 0,80	1999/ 2009	-1,263; -0,318 -3,7; 0,654	-0,11; 0,238	4,541; 10,95 3,695; 15,01	0 0	0; 4 0; 4
Количества травм при падении людей у от времени x (рис. 1, и)	$y(x) = -0,191(x - 1998) + 4,418$ $y = 0,223(x - 1998)^2 - 2,862(x - 1998) + 10,206$ 	0,21 0,73	1999/ 2009	-0,85; 0,47 -5,076; -0,649	0,043; 0,402	-0,06; 8,89 4,427; 15,985	2 8	0; 11 0; 15
Количества травм в очистных забоях у от времени x (рис. 1, к)	$y(x) = 0,218(x - 1998) + 12,691$ $y = 0,839(x - 1998)^2 - 9,852(x - 1998) + 34,509$ 	0,08 0,84	1999/ 2009	- -15,215; -4,489	0,403; 1,274	- 20,507; 48,511	- 37	- 22; 52
Количества травм в проходке у от времени x (рис. 1, л)	$y = -0,373(x - 1998) + 8,6$ 	0,33	1999/ 2009	-1,17; 0,425		3,186; 14,014	4	0; 14
Количества травм на протяжении выработки у от времени x (рис. 1, м)	$y = 0,455(x - 1998) + 9,909$ $y = 0,622(x - 1998)^2 - 7,014(x - 1998) + 26,091$ 	0,18 0,72	1999/ 2009	-1,384; 2,293 -13,163; -0,853	0,123; 1,121	-2,559; 22,378 10,037; 42,144	16 31	0; 40 16; 47
Количества травм в подземных выработках у от времени x (рис. 1, н)	$y = -2,536(x - 1998) + 39,036$ $y(x) = 0,91(x - 1998)^2 - 13,459(x - 1998) + 62,703$ 	0,49 0,7	1999/ 2009	-5,924; 0,851 -26,781; -0,138	-0,171; 1,992	16,061; 62,012 27,921; 97,485	9 32	0; 50 0; 70

БЕЗОПАСНОСТЬ ТРУДА

Продолжение таблицы

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Количества травм на поверхности у от времени x (рис. 1, о)	$y = -0,273(x - 1998) + 6,364$ $y = 0,291(x - 1998)^2 - 3,769(x - 1998) + 17,939$ 	0,28 0,88	1999/ 2000	-0,977; 0,432 -5,419; -2,119	0,157; 0,425	1,586; 11,141 9,631; 18,248	3 11	0; 12 6; 16
Общего количества травм у от времени x (рис. 1, з)	$y = 2,076(x - 1998)^2 - 24,627(x - 1998) + 89,461$ 	0,90	1999/ 2009	-34,483; -14,771	1,276; 2,876	63,728; 115,193	93	67; 119
Количества травм ГРОЗ у от времени x (рис. 1, н)	$y = 0,721(x - 1998)^2 - 8,466(x - 1998) + 29,067$ 	0,91	1999/ 2009	-11,794; -5,139	0,451; 0,992	20,379; 37,754	32	22; 41
Количества травм МГВМ у от времени x (рис. 1, р)	$y = 0,184(x - 1998)^2 - 2,264(x - 1998) + 8,388$ 	0,72	1999/ 2009	-4,038; -0,49	0,04; 0,328	3,756; 13,02	8	3; 13
Количества травм проходчиков у от времени x (рис. 1, с)	$y(x) = -0,7(x - 1998) + 9,473$ $y(x) = 0,146(x - 1998)^2 - 2,448(x - 1998) + 13,261$ 	0,65	1999/ 2009	-1,32; -0,08 -5,016; 0,12	0,063; 0,354	5,27; 13,675 6,556; 19,965	1 5	0; 9 0; 12
Количества травм электрослесарей у от времени x (рис. 1, т)	$y(x) = -0,073(x - 1998) + 4,254$ $y = 0,198(x - 1998)^2 - 2,45(x - 1998) + 9,406$ 	0,11 0,85	1999/ 2009	-0,566; 0,42 -3,704; -1,196	0,096; 0,3	0,91; 7,6 6,131; 12,68	4 9	0; 10 5; 12
Количества травм машинистов у от времени x (рис. 1, у)	$y = -0,127(x - 1998) + 1,218$ $y(x) = 0,023(x - 1998)^2 - 0,406(x - 1998) + 1,824$ 	0,61 0,69	1999/ 2009	-0,251; -0,004 -0,947; 0,133	-0,947; 0,143	0,381; 2,055 0,414; 3,234	0 1	0; 1 0; 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Количества травм ИТР у от времени x (рис. 1, ϕ)	$y(x) = -0,254(x - 1998) + 4,164$ $y = 0,214(x - 1998)^2 - 2,828(x - 1998) + 9,739$ 	0,24 0,62	1999/ 2009	-1,027; 0,518 -5,817; 0,161	-0,028; 0,457	-1,075; 9,402 1,936; 17,543	2 7	0; 13 0; 15
Количества травм других специальностей у от времени x (рис. 1, x)	$y(x) = 0,864(x - 1998) + 5$ $y(x) = 0,547(x - 1998)^2 - 5,696(x - 1998) + 19,212$ 	0,38 0,77	1999/ 2009	-0,721; 2,448 -10,888; 0,504	0,125; 0,968	-5,745; 15,745 5,656; 32,768	15 30	0; 34 15; 44

трической статистики*. Причем нижние точки параболы находятся как в середине отрезка временной оси абсцисс (2004 г.), так и непосредственно среди значений численности трудящихся (6420 чел.). Зависимости, описывающие травматизм в угольной промышленности Донецкого региона, связанный с обрушением и обвалами, с транспортными средствами, а также иными грузами и предметами (рис. 1, z , $ж$, $з$), имеют тенденцию к снижению в 2006 – 2008 гг. вплоть до нуля.

Зависимости, представленные на рис. 1, $л$ и $у$, можно интерпретировать как линейные, которые характеризуют травмирование горнорабочих при проходке и машинистов шахтного транспорта. Рассматривая травматизм, связанный с перемещением рабочего места горнорабочего вдоль шахтных выработок, сделаем вывод, что именно этот вид травматизма наиболее эффективно поддается коррекции в сторону уменьшения, снижаясь соответственно в рассматриваемом периоде на 42,7 % и вплоть до нуля. Так как ни увеличение общей численности горнорабочих, ни повышение добычи угля не вызывают рост травматизма этого вида, то предпринимаемые в этом направлении усилия адекватны производственному процессу и вряд ли будут нуждаться в существенной коррекции.

Общий травматизм, травмирование из-за обрушения, обвалов, а также травмирование рабочих разных специальностей, независимо от места их основной работы, описывается посредством уравнения второго по-

рядка (параболы) с нижней точкой примерно на уровне 2004 г. (рис. 1, $д$, $е$, $и$, $к$, $м$, $н$, $о$, $п$, $р$, $с$, $т$, ϕ , $х$), начиная с которого увеличивается количество всех видов травм у рабочих и инженерно-технического персонала в подземных условиях (рис. 1, $н$) и непосредственно на поверхности (рис. 1, $о$). Это не связано с изменением горно-геологических условий действующего предприятия, а вытекает из организации трудового процесса.

Обобщая изложенное, можно сделать вывод, что подготовка персонала и техническое оснащение шахты (состояние, режим обслуживания и т. д.) наиболее полно соответствовали задачам, решаемым предприятием в 2004 – 2005 гг. В этом случае добыча угля до 5000 тыс. т в сутки была оптимальной. Увеличение производственных мощностей требует подготовки персонала для обучения его безопасным методам работы, а также введения новой техники с повышенным уровнем безопасности. В этом случае уровень травматизма будет соответствовать уровню 2004 г. с реальными возможностями его дальнейшего снижения в последующие годы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Хенли Э. Д. Надежность технических систем и оценка риска / Э. Д. Хенли, Х. Кумамото. – М.: Машиностроение, 1984. – 528 с.
2. *Диплом 26-С на открытие* / А. Г. Мнухин, А. М. Брюханов, В. В. Радченко, Л. Т. Хохлов // Научные открытия: сб. кратких описаний науч. открытий, науч. идей, науч. школ. Открытия в области информации и теории катастроф. – Приоритет от 30.04.04. – М.: РАЕН, 2006. – С. 71 – 72.
3. Химмельблау Д. Анализ процессов статистическими методами / Д. Химмельблау. – М.: Мир, 1973. – 959 с.

* Для сравнения на рисунках наряду с зависимостями второго порядка представлены зависимости первого порядка (показаны штриховыми линиями), полученные по тем же данным.