

УДК 621.3:622

А.М. БРЮХАНОВ, *д-р. техн. наук, директор,*
А.Г. МНУХИН, *д-р техн. наук, зам. директора по науч. работе;*
МакНИИ, г. Макеевка,
Б.Б. КОБЫЛЯНСКИЙ, *канд. техн. наук, доцент УНППИ УИПА,*
г. Артемовск,
А.И. ТАТАРИНЦЕВ, *начальник ФССНС Горняцкого района г. Макеевка*

ОСОБЕННОСТИ ПРОГНОЗА ТРАВМАТИЗМА НА УГОЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

На основе анализа данных по травматизму и профзаболеваниям в угольной промышленности Горняцкого района г. Макеевки разработаны методы прогноза основных статистических параметров по определению возможного и допустимого уровня риска на момент времени, находящийся за пределом измерений. Работа полезна для инженеров и социологов соответствующей направленности.

Ключевые слова: травматизм, профзаболевания, прогноз, горные предприятия.

Угольные предприятия, как правило, отличаются наличием многочисленных опасных и вредных факторов, отрицательно сказывающихся на здоровье и жизнь людей. Так насыщенность рабочего пространства техническими устройствами, стесненность на рабочих местах, высокая вероятность появления в атмосфере опасных газов возникновения пожаров и обрушений горных пород, значительно осложняют трудовой процесс работников горных предприятий. Поэтому одним из основных критериев оценки техногенного риска на предприятиях повышенной опасности, в частности, угольных предприятий, является уровень возможного травматизма.

Целью работы является определение издержек на ликвидацию аварий в угольной промышленности в части планирования затрат на устранение их социальных составляющих.

В нашем случае для анализа травматизма и профзаболеваний работников горной промышленности были использованы данные Фонда социального страхования от несчастных случаев Горняцкого района г. Макеевки, полученные по результатам оценки производственной деятельности

шахт ГП «Макеевуголь»: ш/у им. Ленина, шахта Холодная Балка, ЧПП «Горняк-95», шахта Глубокая.

До начала анализа было необходимо выяснить динамику травматизма и профзаболеваний на угольных предприятиях Горняцкого района г. Макеевки [1]. Для этого исключим влияние статистики профзаболеваний и травм непосредственно по району (табл. 1, 2), оставив только травматизм и профзаболевания, не связанные с деятельностью угольных предприятий (табл. 3).

Далее исключаем влияние демографических и эпидемиологических факторов, которые повлияли на увеличение травматизма в районе, путем расчета коэффициентов увеличения травматизма и профзаболеваний, не связанных с деятельностью предприятий угольной промышленности, и корректировалась динамика увеличения травматизма и профзаболеваний на шахтах Горняцкого района г. Макеевки с учетом этих коэффициентов (табл. 4).

Таблица 1

Количество несчастных случаев и профзаболеваний
по Горняцкому району г. Макеевки

Показатель	Года												
	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	5 мес 2011	5 мес 2012
Всего	172	247	285	277	197	208	206	198	206	203	227	86	107
Количество травм (Н-1)	146	218	253	231	170	162	151	150	171	177	191	71	87
Количество профзаболеваний	26	29	32	46	27	46	55	48	35	26	36	15	20

Таблица 2

Количество несчастных случаев и профзаболеваний на предприятиях
угольной промышленности Горняцкого района

Показатель	Года												
	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	5 мес 2011	5 мес 2012
Всего	140	182	224	211	136	150	162	149	148	151	188	73	81
Количество травм (Н-1)	118	157	195	172	115	108	109	104	121	129	156	61	63
Количество профзаболеваний	22	25	29	39	21	42	53	45	27	22	32	12	18

Таблица 3

**Количество несчастных случаев и профзаболеваний
Горняцкого района г. Макеевки не связанных с деятельностью
предприятий угольной промышленности**

Показатель	Года												
	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	5 мес 2011	5 мес 2012
Всего	32	65	61	66	61	58	44	49	58	52	39	13	26
Количество травм (Н-1)	28	61	58	59	55	54	42	46	50	48	35	10	24
Количество профзаболеваний	4	4	3	7	6	4	2	3	8	4	4	3	2

Таблица 4

**Расчет уровня травматизма и профзаболеваний не связанных
с деятельностью предприятий угольной промышленности**

Показатель	Года												
	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	5 мес 2011	5 мес 2012	
Всего	2,03	0,94	1,08	0,92	0,95	0,76	1,11	1,18	0,90	0,75	0,33	2,00	
Количество травм (Н-1)	2,18	0,95	1,02	0,93	0,98	0,78	1,10	1,09	0,96	0,73	0,29	2,40	
Количество профзаболеваний	1,00	0,75	2,33	0,86	0,67	0,50	1,50	2,67	0,50	1,00	0,75	0,67	

Если принимать во внимание изменение травматизма и профзаболеваний, не связанного с деятельностью предприятий именно угольной промышленности, и абстрагироваться от их влияния на травматизм и профзаболевания в угольной промышленности, получаем следующий массив данных, представленный в таблице 5. Данный скорректированный массив данных уже можно использовать для сравнения с фактическими показателями и выявлять слабые места работы по предотвращению травматизма и профзаболеваниям по району в данном регионе.

Таблица 5

**Корректировка уровня травматизма и профзаболеваний
на предприятиях угольной промышленности**

Показатель	Года												
	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	5 мес 2011	5 мес 2012	
Всего	279	168	266	193	127	105	199	233	130	116	69	154	
Количество травм (Н-1)	257	149	198	160	113	84	119	113	116	94	45	146	
Количество профзаболеваний	22	19	68	33	14	21	80	120	14	22	24	8	

Таблица 6

Разница между фактическими уровнями травматизма и профзаболеваний
в угольной промышленности и скорректированными

Показатель	Года											
	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	5 мес 2011	5 мес 2012
Всего	-97	56	-55	-57	23	57	-50	-85	21	72	4	-73
Количество травм (Н-1)	-100	46	-26	-45	-5	25	-15	8	13	62	16	-83
Количество профзаболеваний	3	10	-29	-12	28	32	-35	-93	8	10	-12	10

Из таблицы 6 видно, что значительное увеличение травматизма и профзаболеваний на шахтах наблюдалось в 2003, 2007, 2010 и 2011 гг. Т. е. эти периоды являются наиболее благоприятными для установления причин увеличения травматизма в данном районе. В дальнейшем эти исследования можно будет использовать для разработки программы по предотвращению повторения травматизма и профзаболеваний.

Проведем расчет прогнозных значений возможного травматизма на основании показателей по трем шахтам Горняцкого района за период с 2001 по 2011 год (табл. 7).

Таблица 7

Травматизм по угольным предприятиям
Горняцкого района г. Макеевки

Год	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	Ср. знач.
ш/у Ленина	61	64	83	81	47	36	43	42	43	45	70	56
ш. Хол. Балка	70	87	88	78	58	49	49	47	64	67	60	65
ЧПП «Горняк-95»	7	4	23	13	10	18	10	15	14	17	26	14
ш. Глубокая	224	219	162	107	75	46	7	0	0	0	0	79,4

По этим данным был построен график изменения показателя травматизма по годам (см. рисунок) и по виду графика подбиралась зависимость показателя травматизма от времени за предшествующее десятилетие.

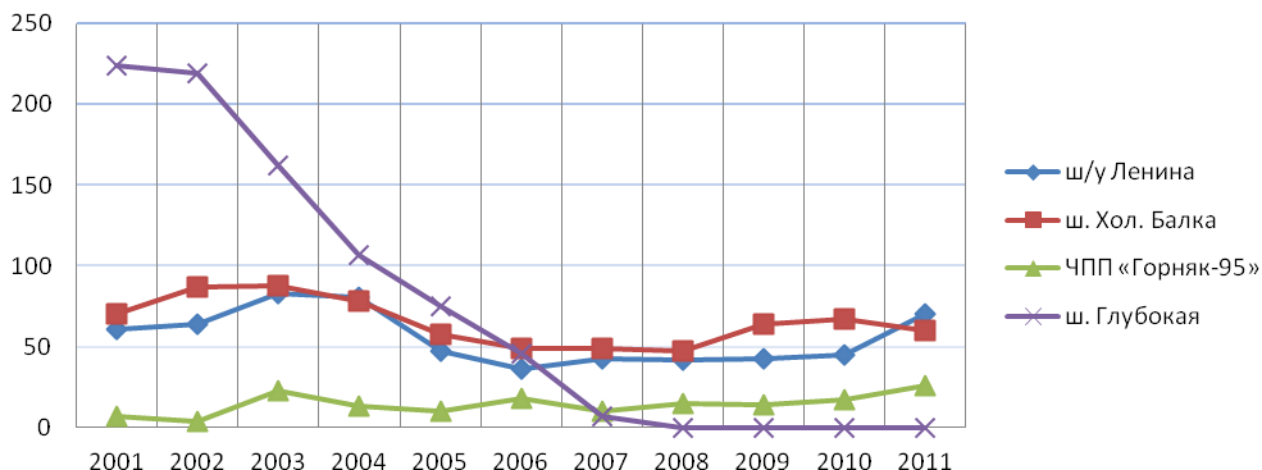


Рис. Изменение показателя травматизма

В большинстве случаев в качестве прогнозной функции используется экспоненциальная зависимость [2], параметры которой определяются на основании [3]

$$x(t) = ae^{bt}, \quad (1)$$

где $x(t)$ – величина показателя травматизма за время t от первого года предшествующего десятилетия;

a, b – постоянные коэффициенты;

t – время, прошедшее от первого года предшествующего десятилетия, лет.

Коэффициенты a и b определяются по следующим зависимостям:

$$b = \frac{n \sum_{i=1}^n t_i \lg x_i - \sum_{i=1}^n t_i \sum_{i=1}^n \lg x_i}{\lg e \left[n \sum_{i=1}^n t_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n t_i \right)^2 \right]}, \quad (2)$$

$$\lg a = \frac{\sum_{i=1}^n t_i^2 \sum_{i=1}^n \lg x_i - \sum_{i=1}^n t_i \sum_{i=1}^n \lg x_i}{n \sum_{i=1}^n t_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n t_i \right)^2}, \quad (3)$$

где x_i – значение показателя травматизма за i -тый год;

t_i – время, прошедшее от первого года предшествующего десятилетия до i -того года;
 n – число наблюдений.

Ошибка прогнозных значений показателя травматизма рассчитывается на основании следующей зависимости

$$m = \pm \frac{\sigma}{\sqrt{n-1}} \sqrt{1 - \frac{n(t_j - k)^2}{\sum (t_i - k)^2}}, \quad (4)$$

где σ – среднеквадратичное отклонение;

t_i, t_j – время, прошедшее от первого года предшествующего десятилетия соответственно до i -того года этого десятилетия и до j -того прогнозируемого года;

$$k = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n t_i. \quad (5)$$

Значение среднеквадратичного отклонения определяется по следующей зависимости[2]:

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n-1} \left[\sum z_i^2 - \frac{1}{n} (\sum z_i)^2 \right]}. \quad (6)$$

Прогнозные значения показателя травматизма рассчитываются на основании следующей зависимости:

$$x_T = ae^{bT} \pm m, \quad (7)$$

где T – время, прошедшее от первого года предшествующего десятилетия до прогнозируемого года.

Если фактические значения показателя травматизма в году, для которого сделан прогноз, будут находиться в пределах, рассчитанных по формуле (3) или меньше, то это свидетельствует о том, что травматизм остался на том же уровне или уменьшился; если же фактические значения будут больше расчетных, то это будет указывать на рост травматизма при конкретных производственных условиях.

Для ш/у им. Ленина по формулам (2) и (3) были рассчитаны постоянные коэффициенты a и b . Исходные данные для расчета приведены в табл. 8.

Таблица 8

Год	n	ti	ti ²	xi	lgxi	tilgxi
2001	1	1	1	61	1,785	1,785
2002	2	2	4	64	1,806	3,612
2003	3	3	9	83	1,919	5,757
2004	4	4	16	81	1,908	7,634
2005	5	5	25	47	1,672	8,360
2006	6	6	36	36	1,556	9,338
2007	7	7	49	43	1,633	11,434
2008	8	8	64	42	1,623	12,986
2009	9	9	81	43	1,633	14,701
2010	10	10	100	45	1,653	16,532
Сумма	10	55	385		17,191	92,141

$$b = \frac{10 \cdot 92,141 - 55 \cdot 17,191}{0,4343[10 \cdot 385 - 55^2]} = -0,0672$$

$$lg a = \frac{385 \cdot 17,191 - 55 \cdot 92,141}{10 \cdot 385 - (55)^2} = 1,8797$$

$$a = 76,$$

тогда зависимость (1) принимает вид

$$x(t) = 76e^{-0,0672(t-2001)}.$$

Прогнозное значение показателя "общее число травмированных" в 2011 г. будет равно:

$$x(2011г.) = 76 \cdot e^{-0,0672(2011-2001)}$$

$$x(2011г.) = 76 \cdot e^{-0,0672 \cdot 10} = 39$$

прогнозные значения показателя травматизма:

$$k = \frac{1}{10} \cdot 55 = 5,5.$$

$$\sum (t_i - k)^2 = (1 - 5,5)^2 + (2 - 5,5)^2 + (3 - 5,5)^2 + (4 - 5,5)^2 + (5 - 5,5)^2 + (6 - 5,5)^2 + (7 - 5,5)^2 + (8 - 5,5)^2 + (9 - 5,5)^2 + (10 - 5,5)^2 = 85$$

$$m_n = \pm \frac{17,24}{\sqrt{10-1}} \cdot \sqrt{1 + \frac{10 \cdot (10 - 5,5)^2}{85}} = 11,0,$$

следовательно

$$x_T = 39 \pm 10,0.$$

Фактическое значение общего травматизма на шахте составило 70, что почти в 2 раза больше расчетного, это указывает на рост травматизм на ш/у Ленина в 2011 году.

Для шахты Холодная Балка по формулам (2) и (3) были рассчитаны постоянные коэффициенты a и b . Исходные данные для расчета приведены в табл. 9.

Таблица 9

Год	n	ti	ti ²	xi	lgxi	tilgxi
2001	1	1	1	70	1,845	1,845
2002	2	2	4	87	1,940	3,879
2003	3	3	9	88	1,944	5,833
2004	4	4	16	78	1,892	7,568
2005	5	5	25	58	1,763	8,817
2006	6	6	36	49	1,690	10,141
2007	7	7	49	49	1,690	11,831
2008	8	8	64	47	1,672	13,377
2009	9	9	81	64	1,806	16,256
2010	10	10	100	67	1,826	18,261
Сумма	10	55	385		18,069	97,809

$$b = \frac{10 \cdot 97,809 - 55 \cdot 18,069}{0,4343 [10 \cdot 385 - 55^2]} = -0,0439$$

$$\lg a = \frac{385 \cdot 18,069 - 55 \cdot 97,809}{10 \cdot 385 - (55)^2} = 1,9118$$

$$a = 82,$$

тогда зависимость (1) принимает вид:

$$x(t) = 82e^{-0,0439(t-2001)}.$$

Прогнозное значение показателя "общее число травмированных" в 2011 г. будет равно:

$$x(2011г.) = 82 \cdot e^{-0,0439(2011-2001)}$$

$$x(2011г.) = 82 \cdot e^{-0,0439 \cdot 10} = 53$$

прогнозные значения показателя травматизма:

$$k = \frac{1}{10} \cdot 55 = 5,5$$

$$\sum (t_i - k)^2 = (1 - 5,5)^2 + (2 - 5,5)^2 + (3 - 5,5)^2 + (4 - 5,5)^2 + (5 - 5,5)^2 +$$

$$+ (6 - 5,5)^2 + (7 - 5,5)^2 + (8 - 5,5)^2 + (9 - 5,5)^2 + (10 - 5,5)^2 = 85$$

$$m_n = \pm \frac{20,78}{\sqrt{10-1}} \cdot \sqrt{1 + \frac{10 \cdot (10 - 5,5)^2}{85}} = 13,0,$$

Следовательно:

$$x_T = 53 \pm 13,0.$$

Фактическое значение общего травматизма на шахте составило 60. Так как прогнозное значение показателя общего травматизма изменяется от 40 до 66, то можно утверждать, что травматизм на шахте Холодная Балка в 2011 году остается на том же уровне.

Для ЧПП «Горняк-95» по формулам (2) и (3) были рассчитаны постоянные коэффициенты a и b . Исходные данные для расчета приведены в табл. 10.

Таблица 10

Год	n	ti	ti ²	xi	lgxi	tilgxi
2001	1	1	1	7	0,845	0,845
2002	2	2	4	4	0,602	1,204
2003	3	3	9	23	1,362	4,085
2004	4	4	16	13	1,114	4,456
2005	5	5	25	10	1,000	5,000
2006	6	6	36	18	1,255	7,532
2007	7	7	49	10	1,000	7,000
2008	8	8	64	15	1,176	9,409
2009	9	9	81	14	1,146	10,315
2010	10	10	100	17	1,230	12,304
Сумма	10	55	385		10,731	62,150

$$b = \frac{10 \cdot 62,150 - 55 \cdot 10,731}{0,4343[10 \cdot 385 - 55^2]} = 0,0874$$

$$\lg a = \frac{385 \cdot 10,731 - 55 \cdot 62,150}{10 \cdot 385 - (55)^2} = 0,8643$$

$$a = 7,$$

тогда зависимость (1) принимает вид:

$$x(t) = 7e^{0,0874(t-2001)}.$$

Прогнозное значение показателя "общее число травмированных" в 2011 г. будет равно:

$$x(2011г.) = 7 \cdot e^{0,0874(2011-2001)}$$

$$x(2011г.) = 7 \cdot e^{0,0874 \cdot 10} = 17$$

прогнозные значения показателя травматизма:

$$k = \frac{1}{10} \cdot 55 = 5,5$$

$$\begin{aligned} \sum (t_i - k)^2 &= (1 - 5,5)^2 + (2 - 5,5)^2 + (3 - 5,5)^2 + (4 - 5,5)^2 + (5 - 5,5)^2 + \\ &+ (6 - 5,5)^2 + (7 - 5,5)^2 + (8 - 5,5)^2 + (9 - 5,5)^2 + (10 - 5,5)^2 = 85 \end{aligned}$$

$$m_n = \pm \frac{4,14}{\sqrt{10-1}} \cdot \sqrt{1 + \frac{10 \cdot (10 - 5,5)^2}{85}} = 3,0,$$

Следовательно:

$$x_T = 17 \pm 3,0.$$

Фактическое значение общего травматизма на шахте составило 26. Так как прогнозное значение показателя общего травматизма изменяется от 14 до 20, то можно утверждать, что травматизм на ЧПП «Горняк-95» в 2011 году увеличился.

ВЫВОДЫ

Обобщая изложенное, можно сделать вывод о том, что, с увеличением интенсивности работ увеличивается уровень травматизма. Дальнейшее же увеличение производственных мощностей требует подготовки как пер-

сонала, в части обучения его безопасным методам работы, так и введения новой техники с повышенным уровнем безопасности.

В целом же следует отметить, что разработан метод оценки и последующего прогноза возможного травматизма для работников угольной промышленности, что позволяет оценить характер динамики указанного производственного фактора и спланировать работу, как в техническом плане, так и в социальном, исходя из обеспечения необходимого уровня социального страхования в отрасли.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Стан безпеки на вугільних шахтах. [Електронний ресурс] // Державний комітет України з промислової безпеки, охорони праці та гірничого нагляду (Держгірпромнагляд). – Режим доступу : <http://www.dnopr.kiev.ua/>.
2. Химмельблау Д. Анализ процессов статистическими методами / Д. Химмельблау. – М: Мир, 1973. – 959 с.
3. Ефимова М. Р. Общая теория статистики: учебник / М. Р. Ефимова, Е. В. Петрова, В. Н. Румянцева. – М.: ИНФРА, 1998. – 416 с.

Получено: 25.10.2013

На основі аналізу даних з травматизму і профзахворювань у вугільній промисловості Гірницького району м. Макіївки розроблено методи прогнозу основних статистичних параметрів щодо визначення можливого і припустимого рівня ризику на момент часу, що знаходиться за межею вимірів. Робота корисна для інженерів і соціологів відповідної спрямованості.

Ключові слова: травматизм, профзахворювання, прогноз, гірничі підприємства.

On the basis of data analysis on injuries and professional diseases in mine industry of Gornyatskiy district of the city of Makeyevka the prognosis methods of the main statistical parameters concerning the determination of possible and permissible risk level at a point in time beyond the measurements have been developed. The research work is useful for engineers and social scientists of corresponding occupation.

Keywords: injury rate, professional diseases, prognosis, mine enterprises.