

10. Kalinin M. I. Biometriya: [pidruch. dlya vuziv] / M. I. Kalinin, V. V. Yelisyeyev. – Mykolayiv: Vyd-vo MF NaUKMA, 2000. – 204 s.
11. Pat. 67164 Ukrayina, MPK (2012.01) G01N 1/00. Sposib otrymannya tymchasovykh preparativ dlya otsinky toksychnosti seredovyshcha / Kudryavs'ka T. B., Dychko A. O.; zayavnyky ta patentovlasnyky. — # 2011 07050; zayavl. 03.06.2011; opubl. 10.02.2012, byul. # 3.
12. Obstezhennya ta rayonuvannya terytoriyi za stupenem vplyvu antropohennykh chynnykiv na stan ob'ektiv dovkillya z vykorystannyam tsytohenetychnykh metodiv: Metodychni rekomendatsiyi [S. A. Ryzhenko, A. I. Horova, T. V. Skvortsova ta in.] – K.: Holovne bazove vydavnytstvo MOZ Ukrayiny DP "Tsentri informatsiynykh tekhnolohiy", 2007 – 35s.
13. Lakin G. F. Biometrija / G. F.Lakin // Uchebnoe posobie. – M.: Vyssh. shk., 1990. – 352 s.

Стаття надійшла до редакції 04.12.2013 р.

УДК 351.454

**Т. М. Таїрова, канд. хім. наук, старший науковий співробітник, ДУ «ННДПБОВ»,
К. Н. Ткачук, доктор технічних наук, професор НТУУ «КПІ»**

ПРОГНОЗУВАННЯ ТРАВМАТИЗМУ У ВУГІЛЬНІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ НА ОСНОВІ РЕГРЕСІЙНОЇ МОДЕЛІ

**T. N. Tairova, candidate of chemistry Science, senior researcher, SI «NRIISH»,
K. N. Tkachuk, doctor of technical Sciences, Professor, NTUU «KPI»**

FORECASTING OF TRAUMATISM IN COAL INDUSTRY ON THE BASIS OF REGRESSION MODELS

В статті наведено результати прогнозування виробничого травматизму з тяжким і смертельним наслідком на підприємствах вугільної промисловості з використанням кореляційно-регресійного аналізу.

Ключові слова: прогнозування, травматизм, кореляційно-регресійний аналіз, вугільна промисловість, фактори.

В статье приведены результаты исследований с использованием корреляционно-регрессионного анализа для прогнозирования производственного травматизма с тяжелым и смертельным исходом на предприятиях угольной промышленности.

Ключевые слова: прогнозирование, травматизм, корреляционно-регрессионный анализ, угольная промышленность, факторы.

In the article results of researches with the use of correlation-regression analysis to predict an industrial traumatism at the enterprises of coal industry are presented. The factors that have the

greatest impact on the level of an industrial traumatism at the influence of parts, equipment, machines and mechanisms, which move and rotate, are installed.

Keywords: *forecasting, injuries, correlation and regression analysis, coal industry, factors.*

Вугільна промисловість України характеризується найбільш старим серед країн СНГ шахтним фондом — кожна третя шахта експлуатується більше 50 років. У цілому промислово-виробничі фонди шахт вироблені на 65 % [1]. Аналіз стану умов праці в 2010...2011 роках на підприємствах вугільної промисловості свідчить про використання обладнання і устаткування, яке вичерпало передбачений паспортним ресурс, і морально застаріло, кількість якого щороку збільшується. Так, тільки в 2011 році порівняно з 2010 роком кількість обладнання і устаткування, яке вичерпало передбачений паспортним ресурс, і не відповідала нормативним актам з охорони праці, збільшилась майже в 4 рази [2]. Складні гірничотехнічні умови, недостатній рівень механізації технологічних процесів, низька трудова і виробнича дисципліна призводять до високого рівня смертельного травматизму на вугільних шахтах України [1].

На даний час рівень наукових досліджень з попередження виробничого травматизму на підприємствах вугільної промисловості характеризується різноманітністю підходів і методичного апарату. В таких умовах особливого значення набуває проблема розроблення основ забезпечення безпеки з позицій комплексного аналізу виробничого травматизму, в тому числі з урахуванням його динамічного розвитку в галузі, регіоні, країні. Над цією проблемою працюють науковці у всіх країнах світу, пропонують теоретичні, методичні і практичні підходи до її вирішення. Проблема аварійності і травматизму в вугледобувній галузі вирішується в кожній країні по-своєму. Однак сфера можливих рішень завжди обмежена економічними, природними (горно-геологічними) і науково-технічними можливостями. Найбільш перспективним підходом до вирішення цієї проблеми є прогнозування виробничого травматизму на основі системного і комплексного дослідження факторів його розвитку.

Питанням, пов'язаним з прогнозуванням рівня виробничого травматизму на шахтах присвячена низка публікацій у вітчизняних та іноземних виданнях. Серед них необхідно відмітити роботи таких науковців, як Карначьов І.П., який для кількісної оцінки просторово-часових характеристик виробничого травматизму і специфіки його розвитку використовував перспективні показники у вигляді кінематичних характеристик травматизму [3]. Деревянський В. Ю. досліджував основні показники, що впливають на точність прогнозування показників травматизму на шахтах [4, 5], і запропонував універсальну систему позначень для прогнозування показників охорони праці [6]. Митрофанова Т.Н. розробила структуровану модель для визначення факторів і критеріїв ризику на гірничих підприємствах в залежності від множини груп факторів (горно-геологічні, технічні, технологічні, організаційні, особистості) [7]. Яковлев В.Л. запропонував дві моделі, що вказують на тісний

зв'язок травматизму з інформованістю і компетентністю персоналу на гірничих підприємствах Росії [8]. Проте, при прогнозуванні виробничого травматизму на шахтах, не достатньо уваги приділялось визначенню взаємозв'язків між факторами, що призводять до настання нещасних випадків з тяжким і смертельним наслідком з урахуванням вікової диференціації потерпілих.

Метою роботи є встановлення факторів, які значимо впливають на рівень тяжкого і смертельного травмування працівників віком 18...34 роки, виявлення математичної залежності між досліджуваними факторними і результативною ознаками та встановлення щільності зв'язку за допомогою коефіцієнта кореляції.

Робота виконувалась з використанням теоретичних, експериментальних методів досліджень і багатофакторного кореляційно-регресійного аналізу. Для дослідження виробничого травматизму на підприємствах вугільної промисловості використовували статистичні дані, отримані шляхом аналізу матеріалів спеціального розслідування нещасних випадків на виробництві з тяжким та смертельним наслідком за 2006...2012 рр.

Аналіз статистичних даних показав, що на підприємствах вугільної промисловості порівняно з підприємствами інших галузей економіки спостерігається найвищий рівень травмування молодих працівників віком 18...34 роки (понад 40% із загальної кількості тяжко травмованих і загиблих). Основними подіями, що призводять до травмування працівників досліджуваного вікового діапазону є обвалення та обрушення породи, ґрунту тощо (24,2%) і дія рухомих і таких, що обертаються, деталей обладнання, машин і механізмів (20,6%). Для встановлення залежності виробничого травматизму з тяжким і смертельним наслідком, що стався з працівниками віком 18...34 роки через дію рухомих і таких, що обертаються, деталей обладнання, машин і механізмів, (результативна ознака) від двох факторів: недотримання трудової і виробничої дисципліни (X_1) і роботі на несправному обладнанні (X_2) використовували кореляційно-регресійний аналіз.

Математично завдання зводилось до знаходження аналітичного виразу, який як найкраще відображав би зв'язок факторних ознак з результативною ознакою, тобто до знаходження функції:

$$\hat{Y} = f(X_1, X_2, X_3 \dots X_n). \quad (1)$$

Таблиця 1. Розрахункові дані для визначення рівняння зв'язку

n	Кількість випадків порушення дисципліни X_1	Кількість несправного обладнання X_2	Y	YX_1	YX_2	X_1^2	X_2^2	Y^2	X_1X_2	\hat{Y}_x
2006	4	1	7	28	7	16	1	49	4	9,3
2007	6	2	12	72	24	36	4	144	12	9,7
2008	2	4	16	32	64	4	16	256	8	15,3
2009	5	4	13	65	52	25	16	169	20	13,5

Продовження таблиці 1

2010	5	5	16	80	80	25	25	256	25	15,1
2011	4	9	20	80	180	16	81	400	36	22,2
2012	0	7	23	0	161	0	49	529	0	21,5
Разом	26	32	107	357	568	122	192	1803	105	106,6
середнє	3,7	4,6	15,3	51	81,1	17,3	27,4	257,6	15	15,3

Для оцінки міри впливу кожного з зазначених вище факторів на рівень виробничого травматизму з тяжким та смертельним наслідком і розрахунку параметрів лінійної двофакторної регресії використовували рівняння:

$$\hat{Y}_x = \alpha_0 + \alpha_1 X_1 + \alpha_2 X_2, \text{ де:} \quad (2)$$

\hat{Y}_x – розрахункові значення результативної функції; X_1, X_2 – факторні ознаки; $\alpha_0, \alpha_1, \alpha_2$ – параметри рівняння, які обчислювали способом найменших квадратів, розв’язавши систему нормальних рівнянь.

Після розв’язання системи нормальних рівнянь, визначили параметри $\alpha_0, \alpha_1, \alpha_2$, підставили їх в рівняння (2) і отримали рівняння зв’язку травматизму з тяжким і смертельним наслідком від двох факторів, яке має такий вигляд:

$$\hat{Y}_x = 10,1 - 0,625 \cdot X_1 + 1,625 \cdot X_2. \quad (3)$$

Підставивши в рівняння (3) значення X_1, X_2 отримуємо відповідні значення змінної середньої, які досить близько відтворюють фактичні рівні виробничого травматизму з тяжким і середнім наслідком у віковому діапазоні 18...34 роки. Це свідчить про правильний добір форми математичного вираження кореляційного зв’язку між досліджуваними ознаками.

З метою виявлення порівняльної сили впливу факторів обчислимо часткові коефіцієнти еластичності ϵ_1 :

$$\epsilon_1 = \alpha_1 \frac{\bar{X}_1}{\bar{Y}} = 0,625 \frac{3,7}{15,3} = 0,151;$$

$$\epsilon_2 = \alpha_2 \frac{\bar{X}_2}{\bar{Y}} = 1,625 \frac{4,6}{15,3} = 0,488, \text{ де:}$$

α_1 – коефіцієнт регресії при першому факторі; \bar{X}_1 – середнє значення першого фактору; \bar{Y} – середнє значення результативної ознаки.

Аналіз часткових коефіцієнтів еластичності показує, що за абсолютним приростом найбільший вплив на рівень виробничого травматизму з тяжким і смертельним наслідком, що стався через дію рухомих і таких, що обертаються, деталей обладнання, машин і механізмів, має технічний стан обладнання, яке експлуатується – фактор X_2 , зі збільшенням якого на 1% травматизм підвищується на 0,488%.

Для розрахунку β -коефіцієнтів обчислимо відповідні квадратичні відхилення:

$$\sigma_{x_1} = \sqrt{\bar{X}_1^2 - (\bar{X}_1)^2} = \sqrt{17,3 - (3,7)^2} = \sqrt{3,61} = 1,9;$$

$$\sigma_{x_2} = \sqrt{\bar{X}_2^2 - (\bar{X}_2)^2} = \sqrt{27,4 - (4,6)^2} = \sqrt{6,24} = 2,5;$$

$$\sigma_y = \sqrt{\bar{Y}^2 - (\bar{Y})^2} = \sqrt{257,6 - (15,3)^2} = \sqrt{23,51} = 4,85;$$

$$\beta_1 = \alpha_1 \frac{\sigma_{x_1}}{\sigma_y} = 0,6 \frac{1,9}{4,85} = 0,235$$

$$\beta_2 = \alpha_2 \frac{\sigma_{x_2}}{\sigma_y} = 1,6 \frac{2,5}{4,85} = 0,824.$$

Аналіз -коефіцієнтів показує, що на рівень виробничого травматизму з тяжким і смертельним наслідком найбільший вплив із двох досліджуваних факторів з урахуванням їхньої варіації має фактор X_2 , тому що йому відповідає найбільше значення β -коефіцієнту.

Для характеристики щільності зв'язку в множинній лінійній кореляції визначимо множинний коефіцієнт кореляції:

$$R_{y x_1 x_2} = \sqrt{\frac{r_{y x_1}^2 + r_{y x_2}^2 - 2 r_{y x_1} r_{y x_2} r_{x_1 x_2}}{1 - r_{x_1 x_2}^2}}, \text{ де:}$$

$r_{y x_1}, r_{y x_2}, r_{x_1 x_2}$ - парні коефіцієнти лінійної кореляції:

$$r_{y x_1} = \frac{\overline{YX_1} - \bar{Y}\bar{X}_1}{\sigma_y \sigma_{x_1}} = \frac{51 - 15,3 \cdot 3,7}{4,85 \cdot 1,9} = 0,609;$$

$$r_{y x_2} = \frac{\overline{YX_2} - \bar{Y}\bar{X}_2}{\sigma_y \sigma_{x_2}} = \frac{81,1 - 15,3 \cdot 4,6}{4,85 \cdot 2,5} = \frac{81,1 - 70,38}{12,125} = 0,884;$$

$$r_{x_1 x_2} = \frac{\overline{X_1 X_2} - \bar{X}_1 \bar{X}_2}{\sigma_{x_1} \sigma_{x_2}} = \frac{15 - 3,7 \cdot 4,6}{1,9 \cdot 2,5} = \frac{2,02}{4,75} = 0,425.$$

Для виявлення щільності зв'язку між результативною ознакою і обома факторними ознаками водночас обчислимо сукупний коефіцієнт множини кореляції:

$$R_{y x_1 x_2} = \sqrt{\frac{r_{y x_1}^2 + r_{y x_2}^2 - 2 r_{y x_1} r_{y x_2} r_{x_1 x_2}}{1 - r_{x_1 x_2}^2}} = \sqrt{\frac{0,609^2 + 0,884^2 - 2 \cdot 0,609 \cdot 0,884 \cdot 0,425}{1 - 0,425^2}}$$

$$= \sqrt{0,847} = 0,920.$$

Обчислений коефіцієнт множинної кореляції $R = 0.920$ показує, що між двома факторними і результативною ознаками існує достатньо щільний зв'язок. Обчисливши коефіцієнт регресії можна вирішити завдання обґрунтованого прогнозу тенденцій зміни результативного фактору в майбутньому.

$$\alpha_1 = \frac{\overline{YX_2} - \bar{Y}\bar{X}_2}{\sigma_{x_2}^2} = \frac{10,75}{6,25} = 1,72.$$

Коефіцієнт регресії $\alpha_1 = 1,72$ показує, що з підвищенням кількості одиниць несправного обладнання на одиницю рівень виробничого травматизму у середньому для даної сукупності зростає на 1,72 особи. Практичне використання рівнянь регресії з метою екстраполяції можливо у разі, якщо в майбутньому істотно не змінюються умови формування рівнів ознаки, які були покладені в основу обчислення параметрів рівняння регресії.

Таким чином, на основі використання кореляційно-регресійного аналізу встановлено високу щільність зв'язку між двома факторними ознаками (станом справності обладнання і дотримання трудової і виробничої дисципліни) і виробничим травматизмом з тяжким і смертельним наслідком серед працівників певних вікових діапазонів на підприємствах вугільної промисловості і розраховано його прогнози значення.

Список використаних джерел

1. Ljovkin N. B. Predotvrashhenie avarij i travmatizma v ugol'nyh shahtah Ukrainy / N. B. Ljovkin. – Doneck: Donbass, 2002. – 392 s.
2. Rozroblennja naukovo-obgruntovanih rekomendacij po zdijsnennju upravlinnja nagljadovoju dijaj'nistju organiv Derzhgirpromnagljadu Ukraini vidpovidno do stanu promislovoi bezpeki ta ohoroni praci na pidkontrol'nih ob'iektah: Analiz stanu umov ta bezpeki praci na virobniectvi za zvitnimi formami 1-UB v Ukraini v 2011 roci. (Promizhnij zvit) / Nacional'nij NDIPBOP; Kerivnik temi A. S. Yesipenko. – № DR 0111U003338. – K., 2011. – 143 s.
3. Karnachjov I. P. / Analiz statisticheskikh pokazatelej bezopasnosti i ohrany truda, ispol'zuemyh pri issledovanii dinamiki proizvodstvennogo travmatizma / I. P. Karnachjov, E. B. Kokljanov / Vestnik MGTU. – 2011. – tom. 14, vyp. 4.– S.751-757.
4. Derevjanskij V. Ju. Metodika kratkosrochnogo prognozirovanija travmatizma na shahtah / V. Ju. Derevjanskij // Sposoby i sredstva sozdanija bezopasnyh i zdorovyh uslovij truda v ugol'nyh shahtah: sb. nauch. tr. / MakNII. – Makeevka – Donbass, 2006. – Vyp.18. – S. 223-230.
5. Derevjanskij V. Ju. Povyshenie tochnosti prognozirovanija pokazatelej trpvmatizma na shahtah / V. Ju. Derevjanskij, E. H. Pastuhov, V. A. Sergeev, H. H. Korljuk, M. O. Primachenko // Sposoby i sredstva sozdanija bezopasnyh i zdorovyh uslovij truda v ugol'nyh shahtah: sb. nauch. tr. / MakNII.– Makeevka – Donbass, – 2011. – 2(28). – S.180-199.
6. Derevjanskij V. Ju. / Universal'naja sistema oboznachenij dlja prognozirovanija pokazatelej ohrany truda / V. Ju. Derevjanskij // Sposoby i sredstva sozdanija bezopasnyh i zdorovyh uslovij truda v ugol'nyh shahtah: sb.nauch.tr. / MakNII.- Makeevka - Donbass, – 2011. – 1(27). – S.137-141.
7. Mitrofanova T. N. Nauchnoe obosnovanie metodiki prognoza i sposobov profilaktiki travmatizma na gornyh predpriyatijah Severo-Zapadnogo regiona: avtoref. dis. na zdobuttja nauk. stupenja kand. teh. nauk: spec. 05.26.01 «Ohorona praci» – Sankt-Peterburg. – 2002. – 23 s.
8. Jakovlev V. L., Prognozirovanie urovnja avarijnosti na opasnyh proizvodstvennyh obiektah / V. L. Jakovlev, A. N. Tyrsin, V. L., Mogilat, A. V. Galkin // Voprosy obespechenija pozharnoj i promyshlennoj bezopasnosti / 2009, – Tom 1. – № 1. – S. 102-106.

Стаття надійшла до редакції 09.12.2013