

Результати розрахунку пило-газових виділень при масових дадуть змогу отримати данні про допустиму концентрацію шкідливих речовин в атмосферному середовищі кар'єрів.

Розглянуто методи зменшення виділення пилових частинок та газових домішок при підривних роботах. Встановлено, що раціональними методами зменшення виділення пилових та газових домішок є організаційні та технологічні заходи.

### Список використаної літератури

1. Site «Blogokamne»: [Electron. resurs]. Rezhim dostupy: <http://blogokamne.ru/>.
2. Metodyka rozrakhunku kontsentratsiy v atmosferному povitri shkidlyvykh rehovyn, utrymanykh u vykydakh pidpryyemstv; - P. Hidrometeorovydat, 1987 – s. 39
3. Hul Yu.V, Bykov K.F., Metod rozrakhunku vplyvu shkidlyvykh vykydiv iz kariernoho prostoru na otouchuyuche seredovyshe/ Mizhvuz. sb.: Ventylyatsiya shakht i karieriv, - 1976 – 98 c.
4. Bondar L.H. Rezultaty dovhstrokovykh meteorolohichnykh sposterezhen v karieri Akay/ Tr. ННО. – 1975 - 351 s.
5. Podosyenova Ye.V. Tekhnolohiya i zasoby zakhystu navkolyshnoho serodovyscha, - М.: Mashynobuduvannya, 1980 – 208 s.

*Стаття надійшла до редакції 28.05.2014 р.*

УДК 331.45

**К. Н. Ткачук, д. т. н., проф., Ю. О. Полукаров, к. т. н., доц. (НТУУ «КПІ»)**

### **ОЦІНКА СТАНУ ОХОРОНИ ПРАЦІ НА У ЗВАРЮВАЛЬНОМУ ВИРОБНИЦТВІ ЗА ДОПОМОГОЮ МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ**

---

**K. N. Tkachuk, dr. of tech. sc., prof., Yu. O. Polukarov, Ph.D, assoc. prof. (NTUU «KPI»)**

### **ASSESSMENT OF THE STATE OF LABOUR OF SAFETY AT THE WELDING PRODUCTION WITH THE HELP OF MATHEMATICAL MODELING**

*Запропоновано підхід до побудови математичних моделей для оцінки стану охорони праці на виробництві в зварювальному виробництві.*

*Ключові слова: математична модель, виробничі чинники, стан охорони праці, зварювальне виробництво.*

*Предложен подход к построению математических моделей для оценки состояния охраны труда в сварочном производстве.*

**Ключевые слова:** математическая модель, производственные факторы, состояние охраны труда, сварочное производство.

*Proposed approach to the construction of mathematical models for assessment of the state of labour of safety at the welding production.*

**Keywords:** mathematical model, production factors, state of labor of safety, welding production.

**Вступ.** Умови та безпека праці на підприємствах формуються під впливом великої кількості чинників. Стан здоров'я людини є найбільш об'єктивним критерієм оцінки умов праці, оскільки порушення оптимального режиму роботи системи “людина - зварювальне виробництво - виробниче середовище” проявляється через порушення функцій організму і погіршення стану здоров'я людини більше наглядним чином, чим для інших ланок цієї системи.

На рівень професійних захворювань впливає велика кількість факторів. Принцип системного підходу до виникнення професійних захворювань у зварників дозволив урахувати всі основні фактори, які тим або іншим шляхом приводять до появи цих захворювань. До числа таких факторів слід віднести: технологічні, організаційні, санітарно-технічні, медико-соціальні, екологічні, соціальні, економічні і людські фактори.

Особливе місце в структурі системи, що розглядається, займають людські фактори: вік і стаж роботи, анатомічні і психофізіологічні фактори (фізичне навантаження, робоча поза, нервово-психічне навантаження, емоційний стан, монотонність роботи і т.п.). Вік і стаж роботи зварника є основними параметрами, за якими визначається його профзахворювання. До числа анатомічних факторів найчастіше розглядають спадковість і схильність зварника до профзахворюваності окремих його органів. Психофізіологічна дія факторів на зварника проявляється у вигляді фізичних, нервово-психічних і нервово-емоційних навантажень.

**Мета роботи.** Врахування всіх згаданих факторів є складним теоретичним і практичним завданням, вирішення якого вимагає зусиль фахівців різних областей знань. Розглянемо один з можливих шляхів оцінки впливу цих факторів на показники стану охорони праці у зварювальному виробництві та отримаємо математичну модель, що встановлюватиме функціональний зв'язок показників охорони праці в зварювальному виробництві від комплексу факторів.

**Матеріали та результати досліджень.** Результати проведеного аналізу і систематизації факторів відповідно до умов зварювального виробництва, як складної системи “людина - зварювальне виробництво - виробниче середовище”.

Для аналізу і прогнозування стану охорони праці пропонується застосування математичного апарата регресійного аналізу [1, 2]. З

використанням зазначеного методу можна одержати математичну модель, що встановлює функціональну залежність показників стану охорони праці від численних факторів, які впливають на умови і безпеку праці. Дослідження, які проводяться з використанням такої моделі, дозволять оцінити ступінь впливу факторів на показники стану охорони праці і одержати обґрунтовані рекомендації щодо планування заходів, спрямованих на поліпшення умов праці.

Вигляд математичної моделі залежить не тільки від природи об'єкта моделювання, але й від тих завдань, для вирішення яких вона створюється. Тому, перш ніж приступити до побудови моделі, необхідно визначити коло завдань, які планується вирішувати.

У загальному випадку математична модель, що визначає залежність показника від множини факторів, має вигляд:

$$Y = Y(X_1, \dots, X_n), \text{ де:} \quad (1)$$

$Y$  - модельований показник (параметр);  $X_1, \dots, X_n$  - фактори, які впливають на даний показник;  $n$  - кількість факторів.

Збір даних про фактичний стан факторів і показника здійснюється шляхом їхньої реєстрації в певні інтервали часу, з подальшою оцінкою і занесенням у базу даних.

При цьому шукана модель має вигляд полінома:

$$Y = a_0 + \sum_{i=1}^n a_i X_i + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n a_{ij} X_i X_j + \dots, \text{ де:} \quad (2)$$

$x_{ij}$  - значення  $j$ -го фактора в  $i$ -й момент спостереження,  $j=1..n$ ,  $i=1..m$ ;  
 $y_j$  - значення показника в  $i$ -й момент спостереження;  $m$  - число статистичних спостережень.

Серед показників умов зварювального виробництва найбільш важливим є показник професійної захворюваності робітників, що, у свою чергу, значною мірою визначається як залежність від концентрації шкідливих речовин у зоні зварювання і часом їхньої дії.

Для застосування регресійного аналізу повинні виконуватися такі умови: при кожному наборі значень  $X_i$  величина  $Y$  розподілена нормально та дисперсія величини  $Y$  є постійною величиною.

Перш ніж приступити до розрахунку коефіцієнтів рівнянь регресії необхідно зібрати і кількісно оцінити фактори, які характеризують зварювальне виробництво з точки зору охорони праці. Для кількісної оцінки факторів пропонується використання методу, викладеного в статтях [3, 4]. Суть методу полягає в наступному. Значення всіх факторів можна умовно оцінити по шкалі в діапазоні від 0 до 1. Якщо фактичний стан фактора відповідає вимогам діючих нормативних документів, і даний фактор можна вважати безпечним (нешкідливим), то його значення можна умовно вважати нульовим. Якщо фактичний стан фактора оцінюється, як небезпечне (шкідливе), то він має значення 0...0,25. Таким чином, чим більше рівень небезпеки (шкідливості)

фактора, тим більше значення йому привласнюється. Оцінка значень факторів може здійснюватися шляхом розрахунків відповідно до існуючих методик для даного виробництва або експертних методів.

На першому етапі побудови математичної моделі з використанням регресійного аналізу необхідно попередньо оцінити ступінь впливу факторів на показник, виявити найбільш вагомі з них. Для цього необхідно розрахувати коефіцієнти парної кореляції  $R_{X_i Y}$  між факторами і показником:

$$R_{X_i Y} = \frac{S_{X_i Y}}{\sqrt{S_{X_i X_i} S_{YY}}}, \text{ де:} \quad (3)$$

$$S_{X_i X_i} = \sum_j^m (X_{ij} - \bar{X}_i)^2, \quad S_{YY} = \sum_j^m (Y_j - \bar{Y})^2, \quad S_{X_i Y} = \sum_j^m (X_{ij} - \bar{X}_i)(Y_j - \bar{Y}),$$

$$\bar{X}_i = \frac{1}{m} \sum_j^m X_{ij}, \quad \bar{Y} = \frac{1}{m} \sum_j^m Y_j.$$

Після цього комплекс факторів сортується в порядку убутання значень коефіцієнтів парної кореляції  $R_{X_i Y}$ .

На другому етапі виконується побудова комплексу регресійних моделей шляхом ітераційного нарощування числа членів відповідно до відсортованої кількості факторів  $X_i$ :

$$\begin{aligned} Y &= a_0 + a_1 X_1; \\ Y &= a_0 + a_1 X_1 + a_2 X_2; \\ &\dots \\ Y &= a_0 + \sum_{i=1}^n a_i X_i + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n a_{ij} X_i X_j + \dots \end{aligned} \quad (4)$$

Точність кожної побудованої моделі оцінюється за коефіцієнтами сумарної кореляції, а також за критеріями Фішера і Стьюдента [4]. Процес побудови моделей припиняється, коли буде отримана модель заданої точності.

Розглянемо застосування регресійного аналізу на прикладі підрозділу зварювального виробництва умовного підприємства. Показник  $Y$  апроксимує рівень концентрації шкідливих речовин у зоні зварювання, фактори  $X_1, X_2, X_3, X_4, X_5$  апроксимують виробничі фактори: спосіб зварювання, режим зварювання, вид зварювального встаткування, параметри і склад зварювального матеріалу, особливості конструкції і параметри зварювальних виробів відповідно.

Розраховано коефіцієнти парної кореляції (формула (3)):

$$R_{X_1 Y} = 0,03; \quad R_{X_2 Y} = 0,75; \quad R_{X_3 Y} = 0,24; \quad R_{X_4 Y} = 0,16; \quad R_{X_5 Y} = 0,83. \quad (5)$$

Отже, порядок сортування масиву даних для включення факторів у модель буде таким:  $X_5, X_2, X_3, X_4, X_1$ .

У результаті розрахунків отримана математична модель, що встановлює функціональний зв'язок показника від комплексу факторів. Для даного набору статистичних даних вона має вигляд:

$$Y = 0,077 + 1,094X_3 - 1,718X_5 - 0,036X_2X_3 - 4,288X_2X_5 + 11,496X_3X_5. \quad (6)$$

Точність побудованої моделі становить 0,99 (коефіцієнт сумарної кореляції), значення критеріїв Фішера (1,004) і Ст'юдента (0,001) дозволяють зробити висновок про адекватність отриманої моделі.

### Висновки

Аналізуючи отриману модель, можна зробити наступні висновки:

– на модельований показник впливають фактори  $X_5, X_2, X_3$ , а вплив факторів  $X_1, X_4$  є незначним;

– мінімально можливе значення модельованого показника відповідно до розглянутих виробничих умов становить 0,077 при умовах, коли значення факторів  $X_5, X_2, X_3$  дорівнюють нулю (тобто шкідлива дія цих факторів відсутня).

Таким чином, результати моделювання з використанням регресійного аналізу дозволяють обґрунтувати першочергові заходи, спрямовані на усунення дії тих факторів, які найбільше впливають на формування умов праці. Такий підхід дозволить раціонально розподілити наявні ресурси для забезпечення належних умов праці на виробництві з урахуванням специфіки виробництва та конкретних умов праці.

### Список використаних джерел

1. Ferster E., Rents B. Metody korelyatsiynoho y rehresiynoho analizu. - M.: Finansy y statystyka, 1983.- 302s.
2. Vuchkov Y.N., Boyadzhyeva L.N., Solakov E.B. Prykladnyy liniynyy rehresiynyy analiz/ Per z bolh. Adler Yu.P. - M: Finansy y statystyka, 1987. - 239s.
3. Tkachuk S.P., Kruzhylko O.E. Modelyuvannya naslidkiv vyrobnychoho travmatyzmu za dopomohoyu metodu hrupovoho obliku arhumentiv// Vuhillya Ukrainy. - 2000. - #4.- S.47-49.
4. Kruzhylko O.E., Prakhovnyk N.A. Vplyv finansuvannya zakhodiv shchodo okhorony pratsi na materialni naslidky neshchasnykh vypadkiv // Avtoshlyakhovyk Ukrainy. - 2000. - #1. - S.21-23.

*Стаття надійшла до редакції 04.05.2014 р.*