

УДК 577.4:658.382.3:628.31

А.О. САМИЛОВА, магістрант, НТУ «ХП»,
М.М. ЛАТИШЕВА, канд. техн. наук, НТУ «ХП»

ДОСЛІДЖЕННЯ ВИРОБНИЧОГО ТРАВМАТИЗМУ МЕТОДАМИ КОРЕЛЯЦІЙНОГО ТА КОМПОНЕНТНОГО АНАЛІЗІВ

Робота присвячена проблемі аналізу виробничого травматизму на основі математичного апарату багатовимірної статистики без попередніх оцінок експертів з даної предметної області. Мета полягала в розробці математичних моделей, що пов'язують кількісні показники виробничого середовища з травмами різного ступеня тяжкості, та оцінці їх адекватності.

Работа посвящена проблеме анализа производственного травматизма на базе математического аппарата многомерной статистики без предварительных оценок экспертов по рассматриваемой предметной области. Цель заключалась в разработке математических моделей, связывающих количественные показатели производственной среды с травмами различной степени тяжести, и оценке их адекватности.

The work is devoted to the analysis of occupational injuries based on the mathematical tools of multivariate statistics without preliminary estimates of experts on the subject area. The aim was to develop mathematical models that relate quantitative measures of the working environment with injuries of varying severity, and assess their adequacy.

Вступ. Життя і здоров'я є найбільшим багатством для кожної людини. Воно визначає реалізацію наших потенційних можливостей. Збереженню та покращенню здоров'я надається велике значення в сучасному світі. Бо навіть підтримка працездатності працівника є важливою не тільки для нього самого, але й для роботодавця та суспільства в цілому. Адже успішне функціонування будь-якої системи, а тим паче суспільної, починається з ефективності кожної її ланки. Сучасні технології та математичний апарат відкривають величезні можливості в цьому напрямку.

Актуальність і доцільність досліджень. Кожна галузь промисловості характеризується порівняно однотипним видом травм. Так, у гірничій промисловості внаслідок обвалів часто ушкоджуються кістки скелету, хребет, і відбувається здавлення м'яких тканин; на металургійних заводах можливі опіки розплавленим і розжареним металом; на залізообробних заводах трапляються травми очей дрібними

скалками металу. Як бачимо, травми пов'язані з характером виробництва, знаряддями праці і організацією методів її охорони. Отже, травматизм – це повторення певної групи травм на певному місці. Сукупність виробничих травм називають виробничим травматизмом. Під виробничою травмою розуміють таку травму, яку людина отримала під час професійної праці, виконання будь-якого виробничого завдання або громадського доручення. За походженням травми бувають: механічні, термічні, хімічні, електричні, променеві, психічні та комбіновані. Травми за ступенем тяжкості поділяються на легкі та важкі [1].

Аналіз виробничого травматизму дозволяє виявити закономірності та причини його формування. На основі отриманих результатів аналізу, розробляються заходи та засоби щодо профілактики виробничого травматизму і професійних захворювань. А це, з одного боку, підтримує працездатність робітників на належному рівні й, з іншого боку, зменшує витрати виробництва, пов'язані з матеріальними виплатами потерпілим.

Практична цінність даного дослідження полягає в тому, що на основі побудованих математичних моделей можна виявити найбільш суттєві чинники виробничого середовища, які призводять до травмування працівників, й скорегувати їх значення так, щоб зменшити рівень травматизму для певного підприємства [2].

Постановка завдання. Провести дослідження травматизму на виробництві за допомогою методів багатовимірної статистики та побудувати математичні моделі, які б описували залежність кількості травм за ступенем тяжкості від факторів виробничого середовища. Дослідження виробничого травматизму складається з наступних етапів:

- 1) Аналіз однорідності вихідних даних;
- 2) З'ясування ступеня щільності між даними на основі кореляційного аналізу;
- 3) Усунення надлишку представлених даних за допомогою метода головних компонент;
- 4) Побудова математичних моделей та оцінка їх адекватності;
- 5) Аналіз результатів і надання практичних рекомендацій.

В якості вихідних даних використано таблиці значень виробничих факторів і статистики травматизму для окремого підприємства по місяцях з серпня 2003 по липень 2004 років (I період дослідження) та з

серпня 2007 по липень 2008 років (II період дослідження). В ролі пояснюючих змінних виступали середні значення 20 виробничих факторів, серед яких параметри мікроклімату, акустично-вібраційні чинники, освітлення та інші. В якості результуючих змінних – середні значення кількості травм по місяцях за ступенем тяжкості.

Результати досліджень. На першому етапі дослідження постало питання стосовно об'єднання початкових даних за два періоди в одну вибірку з метою підвищення стійкості та точності кінцевих результатів. Очевидно, що за три роки технологія виробництва або кількість робочого персоналу могла змінитися. Тому для перевірки правомірності такого об'єднання був застосований медіанний критерій, що показав однорідність вибірок на рівні значимості $\alpha = 0.05$. Тобто, значних змін у виробництві не відбулося і в якості початкових даних було вирішено взяти об'єднану вибірку.

Другим етапом дослідження було проведення кореляційного аналізу [3], мета якого полягала в оцінюванні структури та ступеня щільності між змінними. На цьому етапі було визначено множинні коефіцієнти кореляції, що характеризують тісноту лінійного зв'язку між кількістю відповідного виду травми й показниками всіх представлених виробничих факторів. Для легких травм він становить $r_1 = 0.991$, для важких $r_2 = 0.976$. Значимість квадратури множинних коефіцієнтів кореляції (коефіцієнтів детермінації) було перевірено по критерію Фішера. Високі значення множинних коефіцієнтів кореляції надають право шукати дані моделі в класі лінійних функцій. Також на цьому етапі було з'ясовано, що присутня мультиколінеарність між пояснюючими змінними, тобто надлишок у кількості представлених факторів.

Третім етапом дослідження було проведення компонентного аналізу із застосуванням метода головних компонент для усунення надлишку кількості вхідних факторів [4]. На цьому етапі було здійснено перехід до нових компонент та вибрано головні компоненти за критерієм Кайзера. В головні компоненти ввійшли лише ті фактори виробничого середовища, які найбільш тісно лінійно пов'язані між собою і вносять суттєвий вклад у рівень травматизму (табл.1).

Таблиця 1

Зв'язки нових компонент з виробничими факторами

Комп.	Група факторів	Рівняння
Fm_1	<ul style="list-style-type: none"> • Температурна напруга x_2; • Електромагнітне випромінювання x_{14}; • Вміст SO_2 x_{18}. 	$\overline{Fm_1} = 0.042 \cdot x_2 + 0.059 \cdot x_{14} - 0.076 \cdot x_{18}$
Fm_2	<ul style="list-style-type: none"> • Відносна вологість x_3; • Вміст CO_2 x_{17}. 	$\overline{Fm_2} = -0.074 \cdot x_3 + 0.044 \cdot x_{17}$
Fm_3	<ul style="list-style-type: none"> • Запиленість x_6; • Вага вантажу x_{20}. 	$\overline{Fm_3} = 0.63 \cdot x_6 - 0.211 \cdot x_{20}$
Fm_4	<ul style="list-style-type: none"> • Швидкість руху повітря x_4; • Ультразвук x_{11}. 	$\overline{Fm_4} = 0.433 \cdot x_4 - 0.012 \cdot x_{11}$
Fm_5	<ul style="list-style-type: none"> • Іонізація повітря x_3; • Вміст NO_2 x_{17}. 	$\overline{Fm_5} = 0.0075 \cdot x_{10} - 10.689 \cdot x_{19}$

На кінцевому етапі досліджень було побудовано математичні моделі залежностей кількості травм від компонент (табл.2), отриманих на попередньому етапі за допомогою метода найменших квадратів [4, 5].

Таблиця 2

Залежність травм від компонент

Вид травми	Математична модель	r	r^2	S_e^2
легка	$\overline{Tr_1} = 3.862 + 1.565 \cdot Fm_1$	0.849	0.721	0.897
важка	$\overline{Tr_2} = 1.191 + 0.565 \cdot Fm_1 + 0.353 \cdot Fm_2 + 0.643 \cdot Fm_3$	0.725	0.526	0.662

Для оцінки адекватності побудованих регресійних моделей використано такі показники, як множинний коефіцієнт кореляції r , детермінації r^2 та стандартну похибку рівняння регресії S_e^2 [5]. На рис. 1 представлено порівняльні графіки змодельованих та вибірових величин кількості травм за ступенем тяжкості.

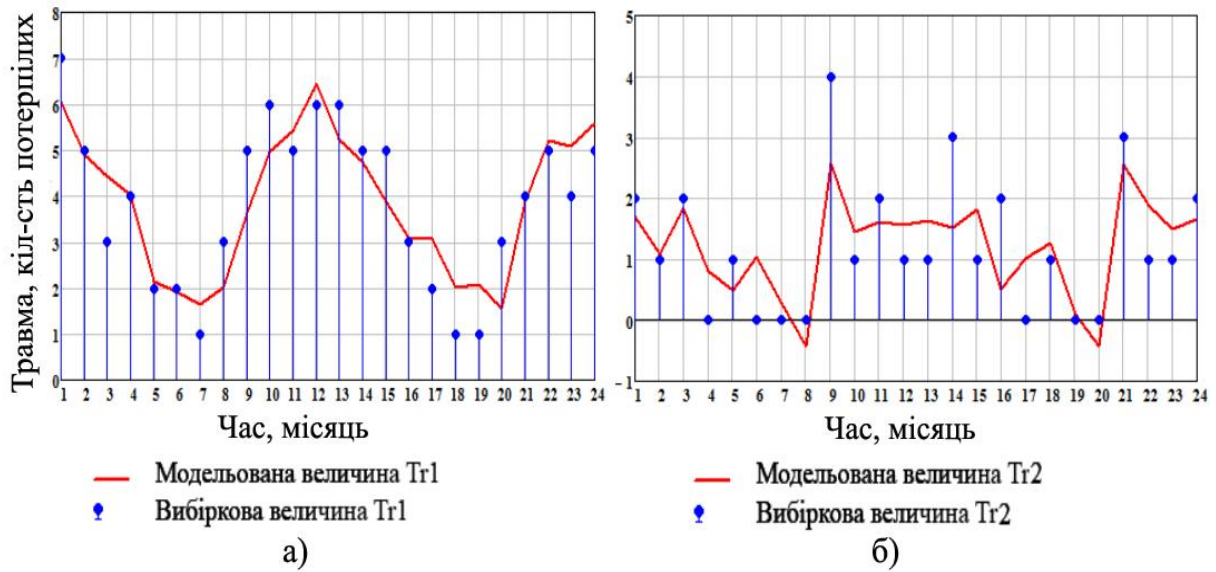


Рис. 1. Залежність кількості травм від часу: а) легкі травми; б) важкі травми.



Рис. 2. Презентація роботи на Міжнародній науково-практичній конференції.

Результати дослідження були представлені, обговорені та схвалені на Міжнародній науково-практичній конференції з екологічно-правових та економічних аспектів екологічної безпеки регіонів [6]. Отримані відгуки підтверджують можливість використання зазначених методів багатовимірної статистики для аналізу виробничого травматизму. Звісно, цей підхід буде ефективнішим в поєднанні аналогічних математичних моделей з оцінками експертів допустимих значень впливу виробничих факторів на людину в межах певного підприємства.

Висновки та перспективи подальших досліджень. Таким чином, на основі побудованих моделей зроблено наступні висновки щодо травматизму на даному виробництві:

- Легкі і важкі травми зумовлені дією Fm_1 групи термічних чинників. Із зростанням температурної напруги та електромагнітного випромінювання кількість травм зростає.
- Крім вищенаведених чинників, на кількість важких травм в значній мірі впливають такі виробничі фактори, як відносна вологість, вміст CO_2 , запиленість та вага переміщуваного вантажу, що відносяться

до компонент Fm_2 та Fm_3 (табл.1). Із збільшенням вмісту вуглекислого газу та пилу на виробництві кількість важких травм збільшується.

- Легкі травми за походженням переважно є термічними травмами; важкі – термічними, хімічними або комбінованими.

Список літератури: 1. Основи охорони праці: Навчальний посібник / За ред. проф. *В.В. Березуцького*. – Х.: Факт, 2008. – 480 с. 2. Управління охороною праці і навколишнього середовища: Навчальний посібник / За ред. *М.М. Латішевої*. – К.: НМК ВО, 1992. – 195 с. 3. *Айвазян С.А.* Прикладная статистика: Исследование зависимостей: Справ. изд. / *С.А. Айвазян, И.С. Енюков, Л.Д. Мешалкин*. – М.: Финансы и статистика, 1985. – 487 с. 4. *Айвазян С.А.*, Прикладная статистика и основы эконометрики./ *С.А. Айвазян, В.С. Мхитарян*. – М.: ЮНИТИ, 1998. – 1006 с. 5. *Шор. Я.Б.* Статистические методы анализа и контроля качества и надежности / *Шор. Я.Б.* – М.: Госэнергоиздат, 1962. – 552 с. 6. Аналіз виробничого травматизму методами багатовимірної статистики: зб. матеріалів VI Міжнародн. наук.-практ. конф. при участі молодих вчених [«Еколого-правові аспекти екологічної безпеки»], (Харків 19–20 жовт., 2011 р.) – Х.: ХНАДУ, 2011.– С.90–92.

Надійшла до редколегії 21.11.11