

3. Серебровский А. Н. Об одном методе вероятностного анализа безопасности потенциально опасных объектов / А. Н. Серебровский // Математические машины и системы. – 2002. – № 1. – С. 41-48.

4. Качинський А. Б. Засади системного аналізу безпеки складних систем / А. Б. Качинський. – К.: ДП «НВЦ «Євроатлантикінформ», 2006. – 336 с.

5. Захматов В. Д. Личное оружие пожарного для тушения пожаров в лесу, небоскребах и зонах катастроф / В. Д. Захматов, Н. В. Щербак // Пожарная безопасность в строительстве. – 2011. – № 3. – С. 58-65.

УДК 331.452

Т.М. Таїрова, канд. хім. наук

Національний науково-дослідний інститут промислової безпеки та охорони праці, м. Київ, Україна

СИСТЕМНИЙ ПІДХІД ДО АНАЛІЗУ СТАНУ БЕЗПЕКИ ПРАЦІ В УКРАЇНІ

Досліджено динаміку змін показників стану безпеки праці на підприємствах України. Встановлено пряmlinійний зв'язок між смертельним травматизмом та показником небезпечності машин. Запропоновано новий методологічний підхід до прогнозування рівня смертельного травматизму, що відбувається під час роботи на несправному обладнанні.

Ключові слова: показник стану безпеки праці, смертельний травматизм, прогнозування.

Исследовано динаміку изменений показателей состояния безопасности труда на предприятиях Украины. Установлено прямолинейную зависимость между смертельным травматизмом и показателем опасности машин. Предложено новый методологический подход к прогнозированию уровня смертельного травматизма, который происходит при работе на неисправном оборудовании.

Ключевые слова: показатель состояния безопасности труда, смертельный травматизм, прогнозирование.

Investigated the dynamics of changes in the values of the safety in enterprises of Ukraine. Established linear relationship between fatal injuries and indications of danger machines. Proposed a new methodological approach to predicting the level of fatalities that occur on the defective equipment.

Key words: values of the safety, fatal injury, prediction.

Постановка проблеми. Підвищена увага до проблем безпеки праці в світі пов'язана з тим, що кожен рік, незважаючи на заходи, що вживаються, у різних країнах зростає рівень виробничого травматизму, у тому числі зі смертельними наслідками. Причому це стосується і тих країн, де безпеці праці приділяється підвищена увага.

В Україні створення безпечних і нешкідливих умов праці є важливою проблемою, оскільки до цього часу на підприємствах використовується обладнання, що не відповідає нормативним актам з охорони та вичерпало передбачений ресурс, в окремих галузях економіки використовуються застарілі технології виробництва. Високий рівень важкого та смертельного травмування працівників на обладнанні, що не відповідає вимогам нормативних актів з охорони праці, спостерігається у вугільній промисловості, будівництві, сільському господарстві та машинобудуванні. Саме тому на сучасному трансформаційному етапі розвитку економіки України виникає необхідність розробки нових, нестандартних підходів до створення умов праці, максимально сприятливих для людини.

Аналіз досліджень і публікацій. Різні аспекти поліпшення умов й охорони праці досліджували у своїх працях О.І. Амоша, Г.Г. Гогіташвілі, В.С. Джигирей, В.Ц. Жидецький, А.М. Кутиркін, Л.П. Керб, Л.М. Логачова, Н.Д. Лук'янченко, О.В. Мартякова, І.М. Миценко, О.Ф. Новикова, К.Н. Ткачук, С.П.Ткачук, Г.М.Черкасова, Л.В. Шаульська, В.Г. Шульга та інші. Так, А. Кутиркін та Н. Лук'янченко розглядали проблеми економіки охорони праці [1], Л. Калачева і О. Амоша досліджували умови праці в аспекті ефективності виробництва [2; 3], а Г.Г. Гогіташвілі – в аспекті розроблення і наукового обґрунтування системи управління охороною праці на рівні підприємства [4]. Однак у науковій літературі недостатньо вивченими залишаються питання системного підходу до аналізу та прогнозування стану безпеки праці в Україні, що і обумовило вибір мети дослідження та її цільову спрямованість.

Мета статті. Метою роботи є системне дослідження показників безпеки праці в Україні за 2006...2011 рр., визначення їх зв'язку зі смертельним травматизмом на виробництві та розробка підходів до прогнозування виробничого травматизму.

Виклад основного матеріалу. Аналіз впливу показників безпеки праці на підприємствах України, а саме показників небезпечності машин, механізмів, устаткування, транспортних засобів (далі – машин), технологічних процесів та будівель і споруд, на рівень виробничого смертельного травматизму за період 2006...2011 роки проводили шляхом застосування статистичних та математичних методів. Для досліджень були використані матеріали спеціального розслідування нещасних випадків на виробництві з тяжким та смертельним наслідком та звіти щодо стану умов та безпеки праці на підприємствах, в установах, організаціях України за формою №1-УБ, надані обласними державними адміністраціями, органами виконавчої влади й об'єднаннями за досліджуваний період. Показники небезпечності машин, механізмів, устаткування, транспортних засобів, технологічних процесів та будівель і споруд (K) обчислювали за формулою:

$$K = M_1 / Z_m, \quad (1)$$

де M_1 – кількість одиниць обладнання, яке не відповідає вимогам нормативних актів про охорону праці; Z_m – загальна кількість одиниць обладнання.

Показники небезпечності технологічних процесів та будівель і споруд обчислювали аналогічно.

Проведені раніше дослідження показали, що рівень травматизму в Україні має стійку тенденцію до зниження. При цьому одним із факторів, який суттєво впливає на таку ситуацію, є зниження кількості працюючих [5]. Іншим фактором, який впливає на рівень виробничого травматизму, є безпека праці на виробництві, а саме використання машин механізмів, устаткування транспортних засобів, обладнання (далі машини), технологічних процесів, будівель та споруд, що не відповідають нормативним актам з охорони праці [6].

Під час вивчення стану безпеки праці на підприємствах України було встановлено, що за період з 2006 по 2011 рік абсолютний показник кількості машин, що не відповідали нормативним актам з охорони праці, знизилась на 30,0 %, але показник небезпечності машин знизився лише на 22,0 %. В цей же період знизилась кількість машин, що вичерпали передбачений паспортним ресурс на 7,7 %, але зріс показник їх небезпечності на 0,6 %. За досліджуваний період відмічалось суттєве зниження загальної кількості виробничих технологічних процесів на 57,0 % та процесів, що не відповідають нормативним актам з охорони праці на 93,3 %. Динаміка показників небезпечності машин, механізмів, устаткування, транспортних засобів, технологічних процесів та будівель і споруд за період з 2006 по 2011 роки наведено на рисунку 1.

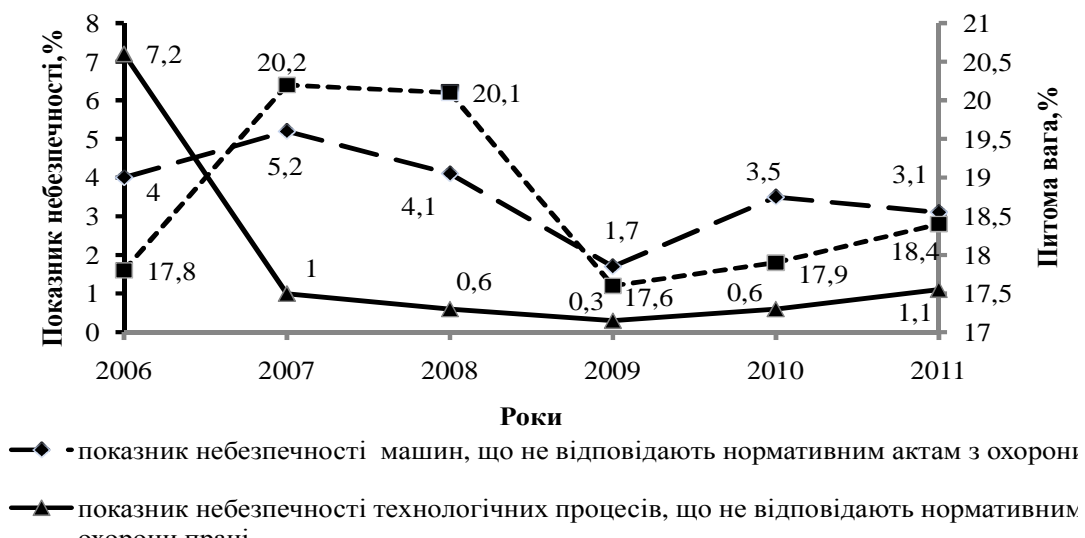
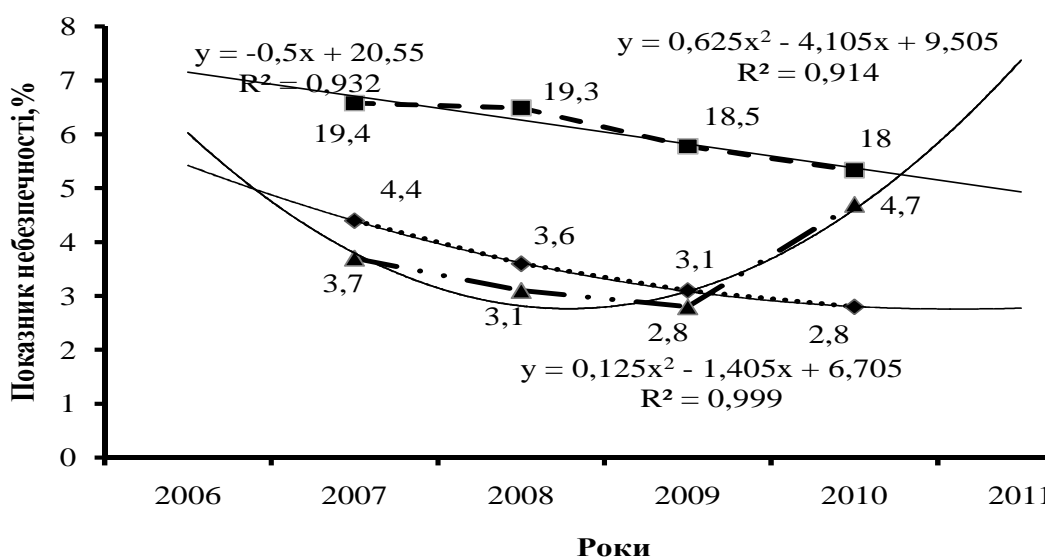


Рис 1. Динаміка змін питомої ваги показників стану безпеки праці

Побудовані графіки характеризують зміну показників, що визначають стан безпеки праці в Україні у часі. Однак ламані криві мають злами, за якими не чітко простежується тенденція змін.

З метою визначення загальної тенденції змін показників стану безпеки праці був використаний спосіб вирівнювання рядів динаміки шляхом побудови ковзної середньої. Ковзні середні визначаємо за трирічним періодом. Використання цього методу передбачає укрупнення періодів. Завдяки усередненню фактичних даних за узагальнювальний період індивідуальні коливання досліджуваних показників погашаються.

Ковзні середні повніше описують закономірність змін показників безпеки праці, а загальна тенденція розвитку набуває вигляду плавних ліній (теоретичні рівні). Для більш точного відображення зміни у часі досліджуваних показників безпеки праці була побудована діаграма та вибрані математичні рівняння для кожного досліджуваного показника (рис. 2).



♦♦♦♦♦ показник небезпечності машин, що не відповідають нормативним вимогам охорони праці

Рис. 2. Тенденції змін показників безпеки праці

Ряд динаміки, що відображає загальну тенденцію змін показника небезпечності машин, що вичерпали передбачений паспорт, вирівняний за рівнянням прямої лінії

$$\tilde{y}_t = a_0 + a_1 t, \quad (2)$$

де \tilde{y}_t – вирівняні (теоретичні) рівні ряду динаміки;

t – порядкові номери періодів часу;

параметри рівняння: a_0 – початок відліку, дорівнює 20,55, a_1 – коефіцієнт регресії або пропорційності, який показує середнє щорічне зниження показника небезпечності машин, що вичерпали передбачений паспорт ресурс, становить $(-0,5)$.

Щоб оцінити ступінь наближення лінійного тренду до фактичних даних динамічного ряду, визначимо фактичне квадратичне відхилення і коефіцієнт варіації. Для цього обчислимо відхилення фактичного значення показника небезпечності машин, що вичерпали передбачений паспорт, від вирівняного значення $(y - \tilde{y}_t)$, їхні квадрати $(y - \tilde{y}_t)^2$ та їхню суму $\sum (y - \tilde{y}_t)^2$.

Залишкове середнє квадратичне відхилення становить:

$$\sigma_{\text{зал}} = \sqrt{\frac{\sum (y - \tilde{y}_t)}{6}} = \sqrt{\frac{8,33}{6}} = 1,18. \quad (3)$$

Коефіцієнт варіації визначаємо за формулою:

$$v = \frac{\sigma}{\bar{x}} \cdot 100\% = \frac{1,18}{18,8} \cdot 100\% = 6,28\%. \quad (4)$$

Коливання фактичних значень показників небезпечності машин, що вичерпали передбачений паспортним ресурс, навколо прямої лінії у середньому становить 1,18 або 6,28 %. Низьке значення коефіцієнта варіації вказує на те, що рівняння прямої лінії досить точно відображує тенденцію зміни показників небезпечності машин, що вичерпали передбачений паспортним ресурс, у часі, адже чим менше значення коефіцієнта варіації, тим більша стабільність прогнозу ситуації і, відповідно, менший ступінь ризику.

Ряди динаміки, що відображають загальну тенденцію зміни показників небезпечності машин (4) та процесів (5), що не відповідають нормативним актам з охорони праці, були вирівнянні за рівнянням параболі другого порядку, яке характеризується трьома параметрами та має такий вигляд:

$$\tilde{y} = a_0 + a_1 t + a_2 t^2 = 0,125t^2 - 1,405t + 6,705, \quad (5)$$

$$y = 0,625t^2 - 4,105t + 9,505, \quad (6)$$

де \tilde{y} – вирівняні значення рівнів ряду динаміки;

t – час, тобто порядкові номери періодів часу;

a_0 – початок відліку;

a_1 – коефіцієнт регресії;

a_2 – коефіцієнт середнього щорічного прискорення (уповільнення) змін рівня динаміки.

Щоб оцінити ступінь наближення параболічного тренду (5) до фактичних показників динамічного ряду, обчислюємо як і в попередньому випадку, залишкове середнє квадратичне відхилення і коефіцієнт варіації.

Залишкове середнє квадратичне відхилення становить:

$$\sigma_{\text{зал}} = \sqrt{\frac{\sum (y - \tilde{y}_t)}{6}} = \sqrt{\frac{27,04}{6}} = 2,12. \quad (7)$$

Коефіцієнт варіації визначаємо за формулою:

$$v = \frac{\sigma}{\bar{x}} \cdot 100\% = \frac{2,12}{3,6} \cdot 100\% = 58,8\%. \quad (8)$$

Аналогічні показники обчислимо для параболічного тренду (6). Залишкове середнє квадратичне відхилення становить:

$$\sigma_{\text{зал}} = \sqrt{\frac{\sum (y - \tilde{y}_t)}{6}} = \sqrt{\frac{92,16}{6}} = 3,9. \quad (9)$$

Коефіцієнт варіації визначаємо за формулою:

$$v = \frac{\sigma}{\bar{x}} \cdot 100\% = \frac{3,9}{4,6} \cdot 100\% = 84,7\%. \quad (10)$$

Відомо, що коефіцієнт варіації на практиці використовується не тільки для порівняльної оцінки варіації, а й для характеристики однорідності сукупності. Якщо цей показник не перевищує 0,333, або 33,3%, варіація ознаки вважається слабкою, а якщо більше 0,333 – сильною. У таких випадках коефіцієнт варіації дорівнює 58,8 % та 84,7 %,

характеризує сильну варіацію, тобто статистичні сукупності, що вивчалися, а саме показники небезпечності машин, що не відповідають нормативним актам з охорони праці, та технічних будівель, що за технічним станом не відповідають будівельним нормам та правилам, вважаються неоднорідними, а середні величини - нетиповими, тому їх не можна використовувати як узагальнюючий показник сукупності.

Для з'ясування форми, параметрів рівняння та тісноти зв'язку між двома ознаками – смертельним виробничим травматизмом, що стався на несправному обладнанні та показником, що характеризує стан безпеки праці, проведено кореляційно регресійний аналіз. Для встановлення математичного рівняння побудовано графік кореляційної залежності (кореляційне поле) між кількістю загиблих при роботі на несправному обладнанні (y – результативна ознака) та показником небезпечності, що вичерпали передбачений паспортним ресурсом (x – факторна ознака).

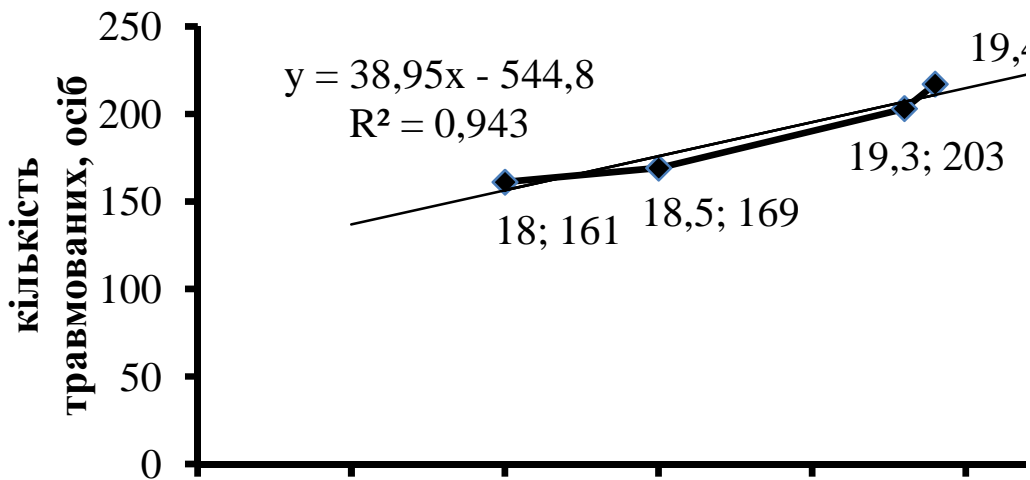


Рис. 3. Кореляційне поле залежності смертельного травматизму від показника небезпечності машин, що вичерпали передбачений паспортним ресурсом

Як показує графік, зв'язок між двома ознаками близький до прямолінійного та виражається рівнянням прямої лінії (11)

$$\tilde{y}_x = a + bx. \quad (11)$$

Підставивши значення a та b в рівняння, отримуємо рівняння (10), в якому коефіцієнт регресії $b = 38,95$ показує, що зі зростанням показника небезпечності машин, що вичерпали передбачений паспортним ресурсом на 1 %, кількість загиблих та тяжко травмованих, які працювали на несправному обладнанні зростає на 39 осіб.

$$\tilde{y}_x = 38,95x - 544,8. \quad (12)$$

Визначимо тісноту зв'язку між досліджуваними ознаками (смертельним травматизмом, що стався на несправному обладнанні та показником небезпечності машин, що вичерпали передбачений паспортним ресурсом) шляхом обчислення коефіцієнта кореляції за формулою

$$r = \frac{\overline{xy} - \bar{x}\bar{y}}{\sigma_x \cdot \sigma_y}. \quad (13)$$

Залишкове квадратичне відхилення σ_x, σ_y визначаємо за формулою

$$\sigma_x = \sqrt{\frac{\sum x^2}{n} - (\bar{x})^2} = \sqrt{\frac{1415,12}{4} - 353,78} = 0,616,$$

$$\sigma_y = \sqrt{\frac{\sum y^2}{n} - (\bar{y})^2} = \sqrt{\frac{142780}{4} - 187,5^2} = 23,2.$$

Підставивши значення конкретні значення в рівняння (12) обчислимо коефіцієнт регресії

$$r = \frac{3538,05 - 187,5}{0,616 \cdot 23,2} = 0,912.$$

Коефіцієнт кореляції показує, що між смертельним травматизмом, що стався на несправному обладнанні, та показником небезпечності машин, що вичерпали передбачений паспортним ресурсом, спостерігається тісний зв'язок. Коефіцієнт детермінації ($R^2 = 0,942$) $R = 0,970$, показує, що 97,0 % загального варіювання смертельного травматизму, що стався на несправному обладнанні, зумовлено відмінностями в значеннях показника небезпечності машин, що вичерпали передбачений паспортним ресурсом, а решта 3,0 % іншими факторами, які в цьому випадку не були враховані.

Висновки

1. Встановлено, що між смертельним травматизмом працівників на виробництві та показником безпеки машин, що вичерпали передбачений паспортним ресурсом, спостерігається тісний зв'язок.

2. Наявність кореляційних зв'язків у вигляді функцій надає можливість всебічного аналізу взаємного впливу машин, що вичерпали передбачений паспортним ресурсом на смертельний травматизм працівників на виробництві.

3. Результати досліджень дають можливість використання запропонованих функціональних зв'язків для здійснення прогнозування очікуваного рівня смертельного травматизму з метою розроблення та впровадження технічних і організаційних заходів щодо поліпшення безпеки праці.

Перспектива подальших досліджень вбачається у вивченні комплексного впливу факторів умов та безпеки праці на рівень виробничого травматизму для закладення основ для розробки заходів щодо його запобігання.

Список використаних джерел

1. Кутиркін А. М. Економіка охорони праці / А. М. Кутиркін, Н. Д. Лук'янченко. – Донецьк: ІЕП НАН України, 1997. – С. 65.
2. Калачева Л. Л. Условия труда: Методологические вопросы комплексного исследования / Л. Л. Калачева. – Новосибирск: Наука, 1978. – 288 с.
3. Амоша А. И. Условия труда и эффективность производства (социально-экономические проблемы гармонизации и методы оптимизации) / А. И. Амоша. – К.: Наукова думка, 1997. – 184 с.
4. Гогиташвили Г. Г. Системы управления охраной труда / Г. Г. Гогиташвили. – Л.: Афиша, 2002. – 320 с.
5. Єсипенко А. С. Особливості взаємозв'язку між чисельністю працюючих та виробничим травматизмом / А. С. Єсипенко, Н. В. Романенко // Проблеми охорони праці в Україні: зб. наук. праць. Вип. 14. – К.: ННДІОП, 2007. – С. 28-35.
6. Єсипенко А. С. Дослідження динаміки змін і тенденцій стану умов та безпеки праці в Україні / А. С. Єсипенко, Т. Н. Таїрова // Проблеми охорони праці в Україні. Вип. 21. – К.: ННДІПБОП, 2011. – С. 111-118.