

БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ТА ОХОРОНА ПРАЦІ

УДК 331.4

*А.П. Бочковський, канд. техн. наук., доцент
(Одеський національний політехнічний університет)
Н. Ю. Сапожнікова, канд. техн. наук
(Одеська національна академія харчових технологій)*

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ОХОРОНОЮ ПРАЦІ МЕТОДАМИ СТАТИСТИЧНОГО АНАЛІЗУ

На основі проведеного статистичного та кореляційного аналізу даних щодо кількості зареєстрованих нещасних та смертельних випадків на виробництві, а також випадків професійних захворювань, встановлено характер та силу взаємозв'язків між причинами виникнення виробничого травматизму та їх наслідками, побудовано моделі часового ряду, парної та множинної регресії. Запропоновано власний критерій та шкалу оцінки ефективності функціонування системи управління охороною праці (СУОП) – індекс динаміки смертності на виробництві.

Розроблені математичні моделі та критерій можуть бути використані (за наявності відповідних статистичних даних) для оцінки ефективності функціонування СУОП в країні, на підприємстві чи організації; ефективної мінімізації рівня професійних ризиків, шляхом впровадження адресних позитивних змін щодо найбільш вагомих причин виникнення нещасних випадків на діючих підприємствах; коректування СУОП на стадії її проектування.

Ключові слова: охорона праці, виробничий травматизм, промислова безпека, професійний ризик, професійні захворювання, критерій, статистичний аналіз.

A.P. Bochkovskyi, N.Y. Sapozhnikova

IMPROVEMENT OF THE EFFECTIVENESS OF FUNCTIONING OF THE OCCUPATIONAL HEALTH AND SAFETY MANAGEMENT SYSTEM USING STATISTICAL ANALYSIS

Statistical and correlation analysis of data pertaining to the number of registered accidents and fatal accidents at enterprises, as well as cases of occupational diseases, was carried out in the article. The nature and strength of the relations between the reasons of contraction of industrial injuries and their consequences were established. Also the models of time series, pair and multiple regression were constructed. The assessment criterion and scale of estimation of functioning efficiency of the occupational health and safety management system (OHSMS) - the index of dynamics of fatality rate at enterprise - was proposed.

Mathematical models and the criterion, developed in the article, can be used (with the availability of relevant statistical data) to assess the effectiveness of the OHSMS functioning in the country, at the enterprise or organization. Also it can be represented for effective minimization of occupational risks by implementing targeted positive changes regarding the most important reasons of accidents at existing enterprises; adjustment of the OHSMS at the stage of its formation

Key words: occupational safety, industrial injuries, industrial safety, occupational risk, occupational diseases, criterion, statistical analysis.

Постановка проблеми. Значення системи управління охороною праці (СУОП), *як невід'ємної частини системи управління підприємством*, у вирішенні проблеми збереження трудових ресурсів важко переоцінити. Окрім забезпечення найбільш важливого морально-етичного аспекту – збереження життя та здоров'я людини, СУОП ще й спрямована на скорочення економічних витрат держави, які виражаються у так званій «вартості» кваліфікованого фахівця. Зазначена «вартість» формується з витрат держави на навчання, виховання та набуття необхідного практичного виробничого досвіду молодим спеціалістом.

В результаті обробки статистичних даних, авторами, встановлено, що така «вартість» *на першому етапі становлення молодого спеціалісту* - від народження до закінчення ним вищого навчального закладу, становить, за усередненими світовими оцінками суму, еквівалентну 150–250 тис. доларів США [1]. До цієї суми також слід додати «вартість» набуття необхідно виробничого досвіду молодим спеціалістом, який може бути досягнуто не раніше ніж через п'ять років від початку трудової діяльності. Таким чином, загальна «вартість» *одного* молодого спеціаліста для економіки країни може сягати 500 тис. доларів США і вище.

Якщо помножити зазначену суму на кількість офіційно зареєстрованих смертельних випадків, що пов'язані з виробництвом (виробничий травматизм та професійні захворювання), яка за даними Міжнародної організації праці (МОП) становить близько 2,5 млн. випадків на рік, то втрати світової економіки тільки від смертності на виробництві становлять 1 трлн. 250 млрд. доларів США на рік. І це, не враховуючи інвалідів праці, які не беручи участі у виробництві валового внутрішнього продукту (ВВП), отримують від держави пенсії та соціальні виплати. Якщо скласти вказану суму з сумою світових економічних втрат від випадків смертельного травматизму, то загальні середньорічні втрати світової економіки будуть становити 1,9-2,0 трлн. доларів США, або 3-4 % ВВП світу [2].

Відповідно до світової статистики більше 70 % всіх зареєстрованих нещасних випадків на виробництві трапляється через організаційні причини, які так чи інакше пов'язані з недосконалістю системи управління охороною праці. Тобто, можна припустити, що близько 1,4 трлн. доларів США - це втрати економіки через причини, пов'язані з неефективною організацією та неналежним функціонуванням СУОП.

Підвищення ефективності функціонування СУОП досягається, зокрема, шляхом визначення пріоритетності розробки та використання захисних заходів. Традиційно пріоритетність таких заходів пов'язана з аналізом статистичних даних причин виникнення нещасних випадків на виробництві. Однак, цей метод хоча й дає змогу визначити відсоткові частки причин у загальному обсязі, але не показує взаємозв'язок між ними та не дозволяє встановити їх характер, силу, а також зробити прогноз по основних показниках функціонування СУОП на майбутні періоди. Для виявлення таких взаємозв'язків необхідно застосовувати методи математичного моделювання і статистичного аналізу.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Проблеми підвищення та оцінки ефективності функціонування системи управління охороною праці були розглянуті у дослідженнях [3-5]. Однак аналіз цих досліджень виявив певну низку **невирішених проблем та недоліків**.

Так, у роботі Лесенко Г. Г. запропонована методика, в основу якої покладено механізм оцінки наявних функцій СУОП та якісного вирішення основних її завдань, але без прив'язки до реальних причин виникнення виробничого травматизму і професійних захворювань. Також в рамках запропонованої методики не показано можливості здійснення прогнозу по функціонуванню СУОП на майбутні періоди, який необхідний для оцінки ефективності застосованих заходів та засобів безпеки.

В статті [3] запропоновано для оцінки функціонування СУОП використовувати математичну модель, що повинна будуватися на основі теорії марковських процесів. Однак, відсутність інформації щодо її побудови та виду не дає змоги поки що застосовувати таку модель для оцінки ефективності СУОП. Окрім того, запропонована модель не передбачає використання даних щодо причин виникнення нещасних випадків, а базується на експертних оцінках, що значно знижує їх точність.

В статті [4] для оцінки СУОП запропоновано використовувати систему показників на основі ранжування подій та невідповідності виробничих процесів на підприємстві вимогам охорони праці. Недоліками цього дослідження можна вважати відсутність математичного обґрунтування використання зазначених показників, конкретних моделей на їх основі, а також відсутність прив'язки оцінки СУОП до конкретних причин нещасних випадків на виробництві.

У дослідженні [5] дана оцінка якості функціонування системи управління охороною праці машинобудівного підприємства за допомогою методів статистичного аналізу показників діяльності служби охорони праці підприємства. Недоліками цієї роботи можна вважати спробу визначення коректувальних заходів в рамках СУОП не на основі статистичного аналізу причин нещасних випадків на підприємстві, а спираючись на результати роботи служби охорони праці. Такий підхід не можна вважати об'єктивним, оскільки причина настання нещасного випадку не завжди прямо пов'язана з діяльністю відповідної служби. Також в рамках дослідження не запропоновано жодної математичної моделі, яка б давала змогу зробити прогноз щодо функціонування СУОП на майбутні періоди та дослідити взаємозв'язки між дослідними показниками. Не зрозуміло, за яким критерієм автор пропонує оцінювати ефективність коректувальних заходів безпеки.

Метою роботи є розробка математичних моделей функціонування системи управління охороною праці та критерію оцінки її ефективності.

Досягнення поставленої мети у роботі передбачається у процесі вирішення таких **задач**:

- інтерпретація мети і завдань функціонування системи управління охороною праці;
- структурний аналіз причин виробничого травматизму та професійних захворювань;
- кореляційний аналіз дослідних показників;
- побудова математичних моделей часового ряду, парної та множинної регресії;
- формалізація критерію оцінки ефективності функціонування системи управління охороною праці.

Викладення основного матеріалу. Законодавство України вимагає від кожного суб'єкта господарювання створення та впровадження на кожному підприємстві, в організації чи установі системи управління охороною праці.

Згідно зі ст. 1 Закону України «Про охорону праці», **охорона праці** – це система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів та засобів, спрямованих на збереження життя, здоров'я і працездатності людини у процесі трудової діяльності. Система управління охороною праці (СУОП) визначається як невід'ємна частина загальної системи управління організацією, яка сприяє запобіганню нещасним випадкам та професійним захворюванням на виробництві, а також небезпеки для третіх осіб, що виникають у процесі господарювання. СУОП включає в себе комплекс взаємопов'язаних заходів на виконання вимог законодавчих та нормативно-правових актів з охорони праці.

Таким чином, виходячи з визначень, охорона праці, так як й система управління нею, спрямована на досягнення спільної мети – збереження життя та здоров'я людини в процесі її трудової діяльності. Досягнення цієї мети неможливе без врахування економічного аспекту, який полягає у визначеному відсотку від прибутку підприємства на фінансування заходів з охорони праці.

Однак, якщо цей відсоток постійно збільшувати з метою досягнення нульового рівня професійного ризику, то сенс існування підприємства, з економічної точки зору, буде втрачено. Таким чином, метою функціонування СУОП є підтримка рівня професійного ризику на підприємстві в межах загально прийнятних значень (не нижче ніж 10^{-6} випадків на рік) та заданих економічних витрат на її функціонування.

Професійний ризик на підприємстві ототожнюється з такими об'єктивними показниками, як рівень виробничого травматизму (в першу чергу смертельного) та професійних захворювань. Ці показники за своєю суттю, на думку авторів, є основними показниками ефективності функціонування СУОП.

Таким чином, в практичному аспекті СУОП повинна бути спрямована на усунення або мінімізацію причин виникнення виробничого травматизму та професійних захворювань до прийнятних значень в заданих межах економічних витрат на охорону праці.

На сьогодні статистика розглядає три основні групи причин виникнення нещасних випадків на виробництві:

- організаційні;
- технічні;
- психофізіологічні.

Однак для професійних захворювань такого структурного розподілу за причинами не існує. Статистика нам дає лише кількісні дані щодо видів професійних захворювань, які інколи, через неочевидність діагнозу і значну кількість факторів, що сприяють їх виникненню, не можуть слугувати відправною точкою для розробки захисних заходів. Є очевидним, що професійні захворювання виникають через несприятливі умови праці на підприємстві, які, в свою чергу, слід розглядати в розрізі тих же організаційних, технічних та психофізіологічних причин.

Згідно зі статистичними даними, за період з 2007 р. по 2016 р. динаміка розподілу нещасних випадків за причинними ознаками відносно з індексом промислового виробництва мала такий вигляд (рис. 1).

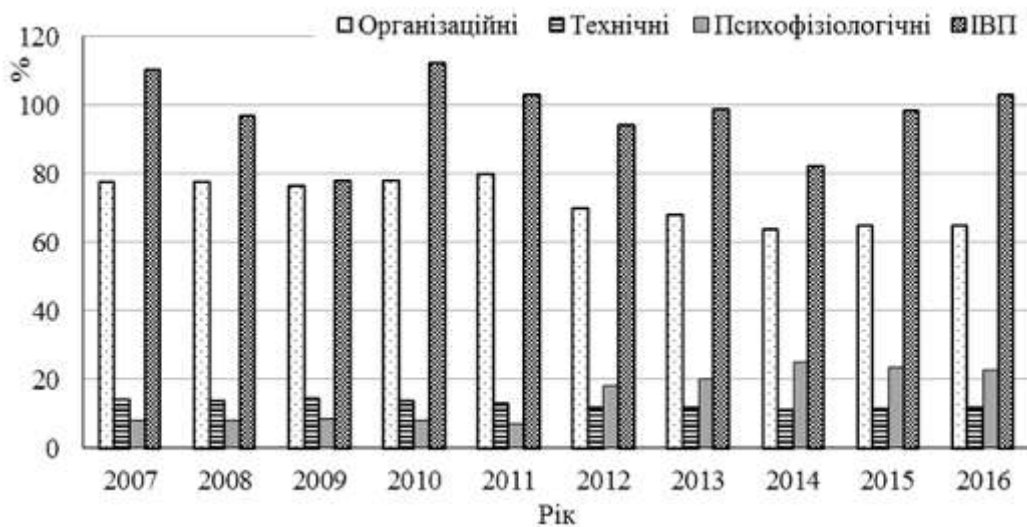


Рисунок 1 – Динаміка зміни причин виробничого травматизму та індексу виробництва продукції (ІВП) в Україні по роках

На першому місці серед причин виникнення нещасних випадків, протягом дослідного періоду були організаційні, частка яких в середньому становила 72 %. Друге місце у період 2007-2011 рр. займали технічні причини (14 %), а у 2012 - 2016 рр. – психофізіологічні, з середньою часткою 22 %. Більш детальний розподіл причин нещасних випадків на виробництві за структурою з 2007 по 2016 рік, наведено у табл.1.

Зважаючи на нестабільність динаміки змін та структури причин нещасних випадків на виробництві, а також відсутність статистичних даних щодо причин виникнення профзахворювань, було б доцільним побудувати математичні моделі, які зможуть чітко описувати залежність між зміною певної причини та кінцевим результатом або наслідками (кількістю випадків виробничого травматизму, профзахворювань, смертельних випадків тощо). Застосування таких моделей дозволить ефективно мінімізувати рівень професійних ризиків шляхом впровадження адресних позитивних змін щодо найбільш вагомих причин виникнення нещасних випадків на діючих підприємствах, а також корегувати СУОП на стадії її проектування.

Проведений аналіз літературних джерел не виявив відомих на сьогодні відповідних математичних моделей, тому в рамках даної статті авторами запропоновано власну розробку, яка, окрім зазначених властивостей, дасть змогу оцінювати та прогнозувати стан охорони праці і промислової безпеки на майбутні періоди (по країні, галузі, підприємствах тощо).

Таблиця 1

Динаміка зміни причин та кількості нещасних випадків на виробництві, професійних захворювань та індексу виробництва продукції в Україні за 2007-2016 рр.

Показник	Роки									
	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Кількість зареєстрованих нещасних випадків на виробництві [6], у тому числі через:	22226 вип. (з них - 1959 смертельні)	16671 вип. (з них - 857 смертельні)	12705 вип. (з них - 552 смертельні)	13109 вип. (з них - 645 смертельні)	11640 вип. (з них - 651 смертельні)	10822 вип. (з них - 646 смертельні)	9221 вип. (з них - 528 смертельні)	6850 вип. (з них - 525 смертельні)	4592 вип. (з них - 360 смертельні)	4766 вип. (з них - 364 смертельні)
1. Організаційні причини, найпоширенішими з яких є:	77,6%	77,8%	76,7%	78,0%	80,0%	70,0%	68,0%	63,7%	65,0%	65,1%
1.1. невиконання вимог інструкцій з охорони праці	31,0%	50,2%	52,2%	44,0%	45,3%	38,6%	38,0%	35,9%	36,8%	35,6%
1.2. невиконання посадових обов'язків	4,0%	3,1%	2,7%	-	8,9%	8,9%	8,9%	7,9%	8,8%	8,7%
1.3. порушення правил безпеки руху (польотів)	5,0%	4,6%	4,3%	4,0%	5,2%	5,6%	4,4%	4,9%	5,9%	6,1%
1.4. порушення технологічного процесу	8,3%	4,6%	4,7%	4,0%	3,9%	-	4,2%	3,8%	3,2%	3,0%
2. Технічні причини, найпоширенішими з яких є:	14,3%	14,0%	14,7%	14,0%	13,0%	12,0%	12,0%	11,1%	11,4%	12,1%
2.1. незадовільний технічний стан виробничих об'єктів, будинків, споруд, інженерних комунікацій, території	6,2%	6,9%	7,0%	7,0%	3,92%	3,7%	4,5%	3,3%	3,5%	4,1%
3. Психофізіологічні причини, найпоширенішими з яких є:	8,1%	8,2%	8,6%	8,0%	7,0%	18,0%	20,0%	25,2%	23,6%	22,8%
3.1. травмування (смерть) внаслідок протиправних дій інших осіб	3,0%	2,5%	2,9%	3,0%	8,0%	2,8%	3,4%	4,6%	7,0%	5,8%
Кількість зареєстрованих професійних захворювань [6], вип.	5947	6793	6046	4965	5396	5612	5861	4352	1764	1603
Індекс виробництва продукції (ІВП) [7, 8]	110,2%	96,9%	78,1%	112,2%	103,4%	94,4%	99,0%	82,8%	98,4%	103,1%

Предметом дослідження є статистична інформація за період 2007-2016 рр., щодо кількості зареєстрованих випадків професійних захворювань, кількості зареєстрованих нещасних випадків на виробництві (в тому числі, смертельних) та структури з'ясованих причин, в наслідок яких вказані випадки наступили [6].

Основними завданнями цієї частини дослідження є з'ясування наявності взаємозв'язків між досліджуваними показниками та чинниками, а також встановлення характеру залежності у вигляді математичних моделей.

Для аналізу і з'ясування закономірностей між причинами виникнення виробничого травматизму (професійних захворювань, смертельних випадків, що пов'язані з виробництвом), **назвемо їх умовно «чинники»** та їх наслідками (кількість нещасних, смертельних випадків, профзахворювань), **назвемо їх умовно «показники»**, застосовано методи статистичного аналізу.

Першим етапом статистичного аналізу є кореляційний аналіз.

Задача кореляційного аналізу – з'ясування наявності зв'язку між досліджуваними показниками та чинниками, оцінка характеру цього зв'язку і його сили.

Для рівня значущості $\alpha = 0,05$ було обчислено коефіцієнти кореляції між всіма парами досліджуваних показників (кількість зареєстрованих випадків профзахворювань (КПЗ), кількість зареєстрованих нещасних випадків (КНВ), кількість зареєстрованих смертельних випадків (КСВ)) та чинників.

До переліку чинників ми включили загальний відсоток організаційних причин (ОП, %), невиконання вимог інструкцій з охорони праці (НВІОП, %), невиконання посадових обов'язків (НПО, %), порушення правил безпеки руху (польотів) (ППБР, %), порушення технологічного процесу (ПТП, %), загальний відсоток технічних причин (ТП, %), незадовільний технічний стан виробничих об'єктів, будинків, споруд, інженерних комунікацій, території (НТС, %), загальний відсоток психофізіологічних причин (ПП, %), травмування (смерть) внаслідок протиправних дій інших осіб (ПДО, %) та індекс виробництва продукції (ІВП, %).

Зауважимо, якщо значення коефіцієнта кореляції $0,5 \leq |r| < 0,7$, то між досліджуваними показниками існує зв'язок середньої сили. Якщо $0,7 \leq |r| < 0,9$, то існує сильний зв'язок, а при $0,9 \leq |r| \leq 1$, існує дуже сильний зв'язок [9].

В результаті було встановлено, що **кількість зареєстрованих нещасних випадків** має сильний кореляційний зв'язок із **кількістю зареєстрованих випадків професійних захворювань** (коефіцієнт кореляції $r = 0,76$), **кількість зареєстрованих смертельних випадків** перебуває у сильному кореляційному зв'язку із **кількістю зареєстрованих нещасних випадків**, що є цілком природним ($r = 0,88$).

Далі відмітимо наявність кореляційних зв'язків середньої сили між загальною кількістю зареєстрованих професійних захворювань та загальним відсотком організаційних причин ($r = 0,68$), з відсотком порушення технологічного процесу ($r = 0,53$), з загальним відсотком технічних причин ($r = 0,60$), з відсотком незадовільного технічного стану виробничих об'єктів, будинків, споруд, інженерних комунікацій, території ($r = 0,55$).

Існує сильний кореляційний зв'язок між **кількістю зареєстрованих нещасних випадків** та **загальним відсотком організаційних причин** ($r = 0,80$), **відсотком порушення технологічного процесу** ($r = 0,88$), **відсотком незадовільного технічного стану виробничих об'єктів, будинків, споруд, інженерних комунікацій, території** ($r = 0,71$).

Дуже сильний кореляційний зв'язок спостерігається між кількістю зареєстрованих смертельних випадків, пов'язаних з виробництвом та відсотком порушень технологічного процесу ($r = 0,97$), а із загальним відсотком технічних причин існує кореляційний зв'язок середньої сили ($r = 0,53$).

Також встановлено наявність зв'язків між чинниками. **Загальний відсоток організаційних причин** має зв'язок середньої сили зі своїми структурними складовими – відсотком невиконання вимог інструкції з охорони праці ($r = 0,57$), відсотком невиконання посадових інструкцій ($r = -0,66$), відсотком порушення правил безпеки руху (польотів) ($r = -0,53$). Зазначений чинник має сильний зв'язок з **загальним відсотком технічних причин** ($r = 0,87$) та з **відсотком незадовільного технічного стану виробничих об'єктів, будинків, споруд, інженерних комунікацій, території** ($r = 0,72$), а із **загальним відсотком психофізіологічних причин** – має дуже сильний кореляційний зв'язок ($r = -0,99$).

Відсоток невиконання інструкцій з охорони праці має кореляційний зв'язок середньої сили з відсотком невиконання посадових обов'язків ($r = -0,51$), з відсотком порушення правил безпеки руху (польотів) ($r = -0,51$), з загальним відсотком технічних причин ($r = 0,55$), з відсотком незадовільного технічного стану виробничих об'єктів, будинків, споруд, інженерних комунікацій, території ($r = 0,55$) та з загальним відсотком психофізіологічних причин ($r = -0,58$).

Відсоток невиконання посадових обов'язків має кореляційний зв'язок середньої сили з відсотком порушення правил безпеки руху (польотів) ($r = 0,65$), з відсотком порушень технологічного процесу ($r = -0,54$) та з відсотком травмування (смерті) внаслідок протиправних дій інших осіб ($r = 0,63$), має сильний кореляційний зв'язок з **загальним відсотком технічних причин** ($r = -0,88$) та з **загальним відсотком психофізіологічних причин** ($r = 0,71$). **Має дуже сильний кореляційний зв'язок з відсотком незадовільного технічного стану виробничих об'єктів, будинків, споруд, інженерних комунікацій, території** ($r = -0,95$).

Відсоток порушення правил безпеки руху (польотів) має кореляційний зв'язок середньої сили з загальним відсотком технічних причин ($r = -0,58$), з загальним відсотком психофізіологічних причин ($r = 0,55$) та з відсотком травмувань (смерті) внаслідок протиправних дій інших осіб ($r = 0,59$). Має сильний кореляційний зв'язок з відсотком **незадовільного технічного стану виробничих об'єктів, будинків, споруд, інженерних комунікацій, території** ($r = -0,71$).

Відсоток порушень технологічного процесу має кореляційний зв'язок середньої сили із загальним відсотком технічних причин ($r = 0,59$) та з загальним відсотком психофізіологічних причин ($r = -0,52$).

Загальний відсоток технічних причин має дуже сильний кореляційний зв'язок з **відсотком незадовільного технічного стану виробничих об'єктів, будинків, споруд, інженерних комунікацій, території** ($r = 0,93$) та з загальним відсотком психофізіологічних причин ($r = -0,92$).

Відсоток незадовільного технічного стану виробничих об'єктів, будинків, споруд, інженерних комунікацій, території має кореляційний зв'язок середньої сили з відсотком травмувань (смерті) внаслідок протиправних дій інших осіб ($r = -0,64$) та сильний кореляційний зв'язок із **загальним відсотком психофізіологічних причин** ($r = -0,77$).

Таким чином, проведений кореляційний аналіз показує, що існують **дуже сильні кореляційні зв'язки** між:

- загальним відсотком організаційних причин та загальним відсотком психофізіологічних причин ($r = -0,99$);
- кількістю зареєстрованих смертельних випадків та відсотком порушень технологічного процесу ($r = 0,97$);
- відсотком невиконання посадових обов'язків та відсотком незадовільного технічного стану виробничих об'єктів, будинків, споруд, інженерних комунікацій, території ($r = -0,95$);
- загальним відсотком технічних причин та відсотком незадовільного технічного стану виробничих об'єктів, будинків, споруд, інженерних комунікацій, території ($r = 0,93$);
- загальним відсотком технічних причин та загальним відсотком психофізіологічних причин ($r = -0,92$).

Сильні кореляційні зв'язки спостерігаються між:

- кількістю зареєстрованих нещасних випадків та загальною кількістю зареєстрованих випадків професійних захворювань (коефіцієнт кореляції $r = 0,76$);
- кількістю зареєстрованих смертельних випадків та кількістю зареєстрованих нещасних випадків ($r = 0,88$);
- кількістю зареєстрованих нещасних випадків та загальним відсотком організаційних причин ($r = 0,80$);
- кількістю зареєстрованих нещасних випадків та відсотком порушення технологічного процесу ($r = 0,88$);
- кількістю зареєстрованих нещасних випадків та відсотком незадовільного технічного стану виробничих об'єктів, будинків, споруд, інженерних комунікацій, території ($r = 0,71$);

- загальним відсотком організаційних причин та загальним відсотком технічних причин ($r = 0,87$);
- загальним відсотком організаційних причин та відсотком незадовільного технічного стану виробничих об'єктів, будинків, споруд, інженерних комунікацій, території ($r = 0,72$);
- відсотком невиконання посадових обов'язків та загальним відсотком технічних причин ($r = -0,88$);
- відсотком невиконання посадових обов'язків та загальним відсотком психофізіологічних причин ($r = 0,71$);
- відсотком незадовільного технічного стану виробничих об'єктів, будинків, споруд, інженерних комунікацій, території та загальним відсотком психофізіологічних причин ($r = -0,77$).

Чинник індекс виробництва продукції для проведення статистичного аналізу був обраний авторами з таких міркувань. Логічно було б передбачити, що інтенсифікація темпів виробництва, про що, зокрема, свідчить зазначений коефіцієнт, може призвести до збільшення кількості випадків виробничого травматизму та профзахворювань. Однак, проведений кореляційний аналіз, що виявив слабкий кореляційний зв'язок ($r = 0,04 - 0,39$) ІВП з усіма дослідними показниками та чинниками, свідчить про те, що вони між собою майже не пов'язані.

Є зрозумілим, що кореляційний зв'язок зі знаком «+» свідчить про прямо пропорційну залежність між чинниками та причинами, а зі знаком «-» – про зворотну залежність. Але виявлена математична зворотна залежність між певними чинниками (показниками) протирічить логічним зв'язкам між ними.

Причини протиріч між математичними та логічними зв'язками можуть знаходитись в площині:

- наявності третіх потенційних факторів впливу, через які може здійснюватися зв'язок між чинниками (показниками);
- особливостей класифікації причин нещасних випадків (профзахворювань), в тому числі, під час їх розслідування;
- тощо.

Оскільки виявлення зазначених причин за складністю і об'ємом є предметом окремого дослідження, то в рамках цієї публікації зазначені питання розглядатися не будуть.

Отже, в результаті кореляційного аналізу для кожного з трьох основних показників визначено найвпливовіші чинники (*позначимо їх умовно «х_р»*), що дає змогу побудувати моделі парної та множинної регресії для обраних трьох основних показників. Умовно позначимо їх:

- КПЗ (кількість зареєстрованих випадків професійних захворювань);
- КНВ (кількість зареєстрованих нещасних випадків, пов'язаних з виробництвом);
- КСВ (кількість зареєстрованих смертельних випадків на виробництві).

На основі статистичних даних можна побудувати такі види математичних моделей:

- часовий ряд (тренд) – зазвичай використовується для визначення загального характеру зміни досліджуваного показника та можливості прогнозу значення цього показника на майбутній період;
- модель парної регресії – для встановлення характеру залежності одного показника від одного іншого;
- модель множинної регресії – для встановлення характеру залежності одного показника від декількох інших показників.

Для всіх означених типів моделей, критерієм достовірності є значення коефіцієнта детермінації – R^2 . Модель вважається достовірною якщо $0,5 \leq R^2 \leq 1$, причому, чим ближче значення R^2 до 1, тим краще модель відображає досліджуваний процес. За цим же критерієм, моделі, для яких $0 < R^2 < 0,5$, не можна використовувати для встановлення закономірності процесу [10].

Моделі у формі часового ряду, зазвичай використовують для окреслення характеру зміни процесу в часі, а також для можливості здійснення прогнозу на майбутній період.

Математична модель, як функція часу, для показника КПЗ, має вигляд (рис. 2):

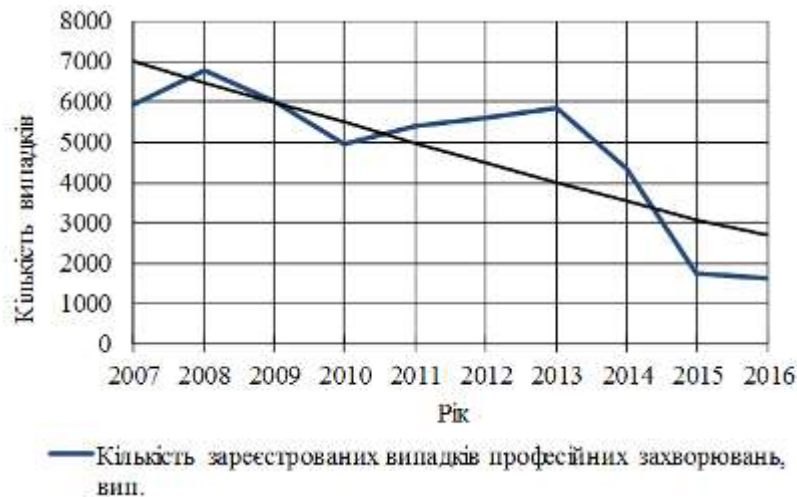


Рисунок 2 – Кількість зареєстрованих випадків професійних захворювань.
Модель часового ряду

$$\text{КПЗ} = -484,03 \cdot t + 7496,1, \quad (1)$$

де $-484,03$ та $7496,1$ – коефіцієнти, отриманні за допомогою методу найменших квадратів;
 t – коефіцієнт, який змінюється від 1 до 10 по роках від 2007 р. до 2016 р., відповідно (тобто $t=1$ для 2007 р., $t=2$ для 2008 р., ... $t=10$ для 2016 р.).

Ця лінійна модель є простою, але добре відображає основну тенденцію в часі ($R^2=0,68$).

За аналогією, для показника КНВ модель такого типу має такий вигляд (рис.3):

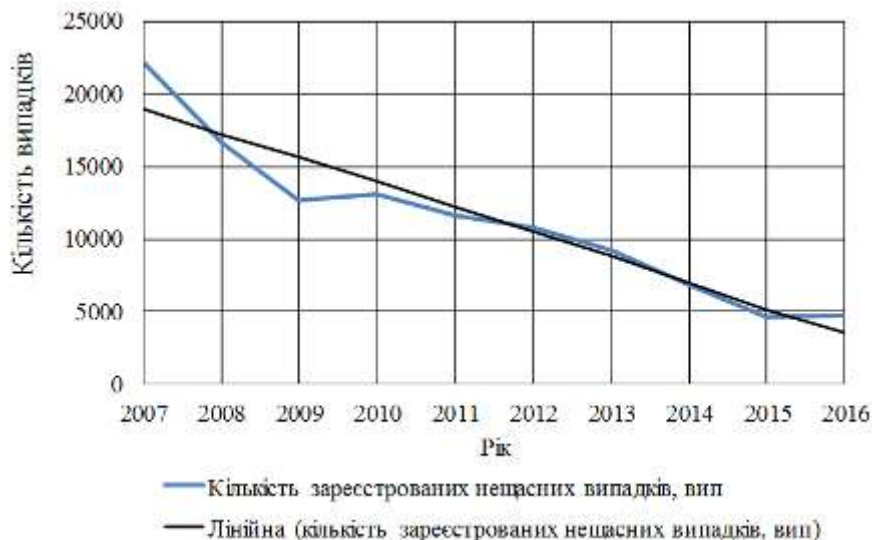


Рисунок 3 – Кількість зареєстрованих нещасних випадків, пов'язаних з виробництвом.
Модель часового ряду

$$\text{КНВ} = -1717,9 \cdot t + 20707, \quad (2)$$

Критерій достовірності для моделі (2) має значення $R^2=0,92$.

Відповідно, для показника КСВ модель, як функція часу, має вигляд (рис.4):

$$\text{КСВ} = -111,06 \cdot t + 1319,517542,03 \cdot \text{ППП} \quad (3)$$

Критерій достовірності для моделі (3) має значення $R^2=0,53$.

Якщо підставити в (1), (2) та (3) значення коефіцієнта $t=11$, то можна отримати очікувані значення відповідних показників на 2017 р.

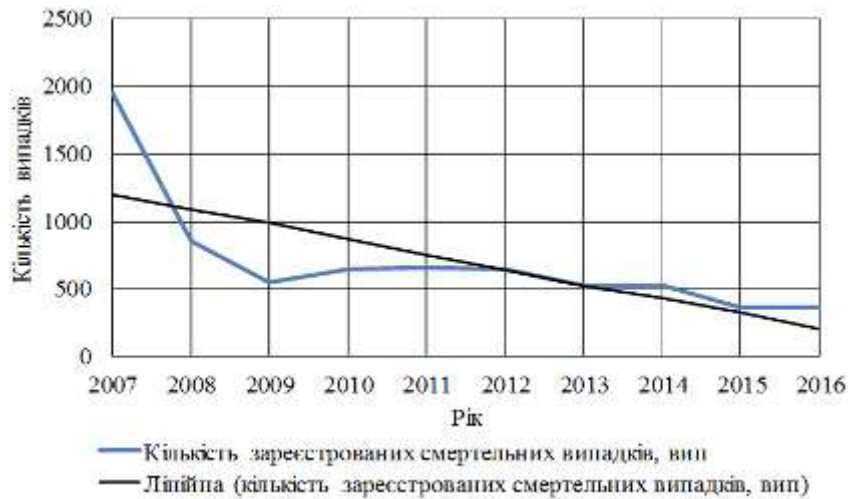


Рисунок 4 – Кількість зареєстрованих смертельних випадків на виробництві.
Модель часового ряду

Задачею регресійного аналізу є вивчення форми зв'язків між показниками і факторами на підставі статистичних даних. Така залежність є статистичною за своєю природою (а не функціональною), тобто кожному значенню одного показника відповідає визначений розподіл іншого показника.

Моделі парної регресії використовують для того, щоб з'ясувати характер залежності одного дослідного показника від одного чинника. За допомогою моделі парної регресії можна оцінити, як змінюється значення дослідного показника при зміні обраного чинника.

На етапі кореляційного аналізу було встановлено, що для загальної кількості зареєстрованих випадків професійних захворювань, чинником з найбільшим коефіцієнтом кореляції є загальний відсоток організаційних причин (ОП).

Для показника КПЗ, математична модель парної регресії з вільним членом має такий вигляд (рис. 5 а):

$$\text{КПЗ} = 18992,1 \cdot \text{ОП} - 8876,49, \quad (4)$$

де 18992,1 та – 8876,46 – коефіцієнти, що отримані за допомогою методу найменших квадратів. Критерій достовірності для моделі (4) має значення $R^2=0,5$.

Модель парної регресії для показника КПЗ з нульовим вільним членом має вигляд (рис. 5 б):

$$\text{КПЗ} = 6783,282 \cdot \text{ОП}, \quad (5)$$

де 6783,282 – коефіцієнт, що отримано за допомогою методу найменших квадратів. Критерій достовірності для моделі (5) має значення $R^2=0,92$, тобто модель (5) є більш достовірною, ніж (4).

Графіки моделей (4) і (5) представлені на рис. 5.

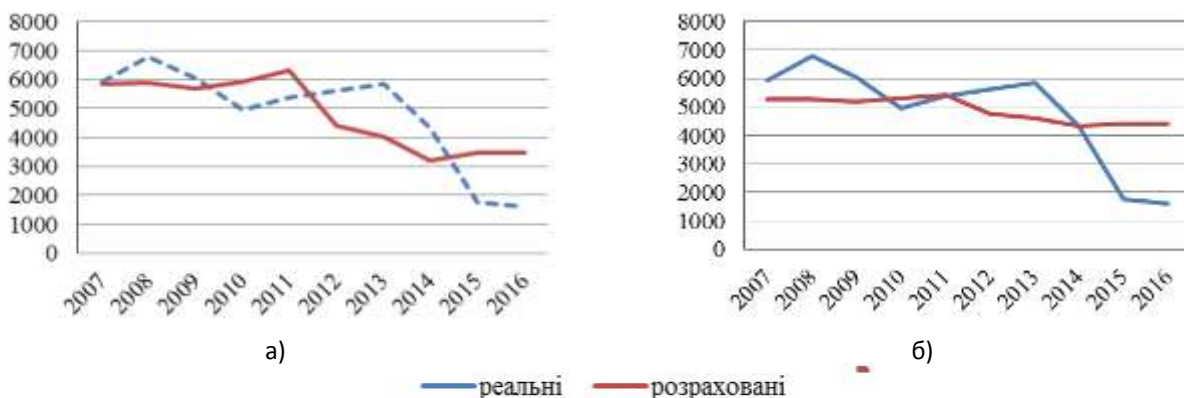


Рисунок 5 – Кількість зареєстрованих випадків професійних захворювань. Модель парної регресії – залежність від загального відсотка організаційних причин з вільним членом (а) та з нульовим вільним членом (б)

Для кількості зареєстрованих нещасних випадків, що пов'язані з виробництвом, чинником з найбільшим коефіцієнтом кореляції ($r = 0,88$) є відсоток порушення технологічного процесу (ПТП).

Математична модель парної регресії з вільним членом, для показника КНВ має вигляд (рис. 6 а):

$$\text{КНВ} = 323210,8 * \text{ПТП} - 2864,11, \quad (6)$$

де 323210,8 та $-2864,11$ – коефіцієнти, що отримані за допомогою методу найменших квадратів. Критерій достовірності для моделі (6) має значення $R^2=0,77$.

Модель парної регресії для показника КНВ з нульовим вільним членом має вигляд (рис. 6 б):

$$\text{КНВ} = 263799,5 * \text{ПТП}, \quad (7)$$

де 263799,5 – коефіцієнт, що отримано за допомогою методу найменших квадратів. Критерій достовірності для моделі (7) має значення $R^2=0,96$, тобто модель (7) є більш достовірною, ніж (6).

Графіки моделей (6) і (7) представлені на рис. 6

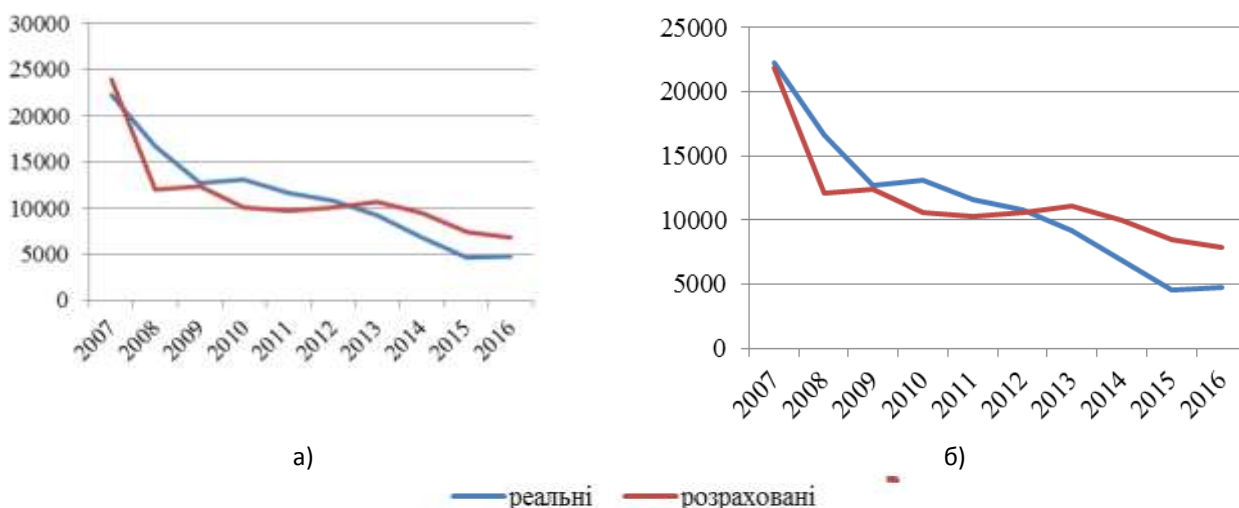


Рисунок 6 – Кількість зареєстрованих нещасних випадків. Модель парної регресії – залежність від відсотка порушень технологічного процесу з вільним членом (а) та з нульовим вільним членом (б)

Для показника КСВ чинником з найбільшим коефіцієнтом кореляції ($r = 0,97$) є також відсоток порушення технологічного процесу (ПТП), тому саме він обраний для побудови відповідної моделі парної регресії.

Модель парної регресії з вільним членом, для показника КСВ має такий вигляд (рис. 7 а):

$$\text{КСВ} = 30382,26 * \text{ПТП} - 619,005, \quad (8)$$

де 30382,26 та $-619,005$ – коефіцієнти, що отримані за допомогою методу найменших квадратів. Критерій достовірності для моделі (8) має значення $R^2=0,94$.

Модель парної регресії для показника КСВ з нульовим вільним членом має вигляд (рис. 7 б):

$$\text{КСВ} = 17542,03 * \text{ПТП} \quad (9)$$

де 17542,03 – коефіцієнт, що отримано за допомогою методу найменших квадратів. Критерій достовірності для моделі (9) має значення $R^2=0,93$, тобто моделі (8) та (9) майже однаково достовірні.

Графіки моделей (8) і (9) представлені на рис. 7

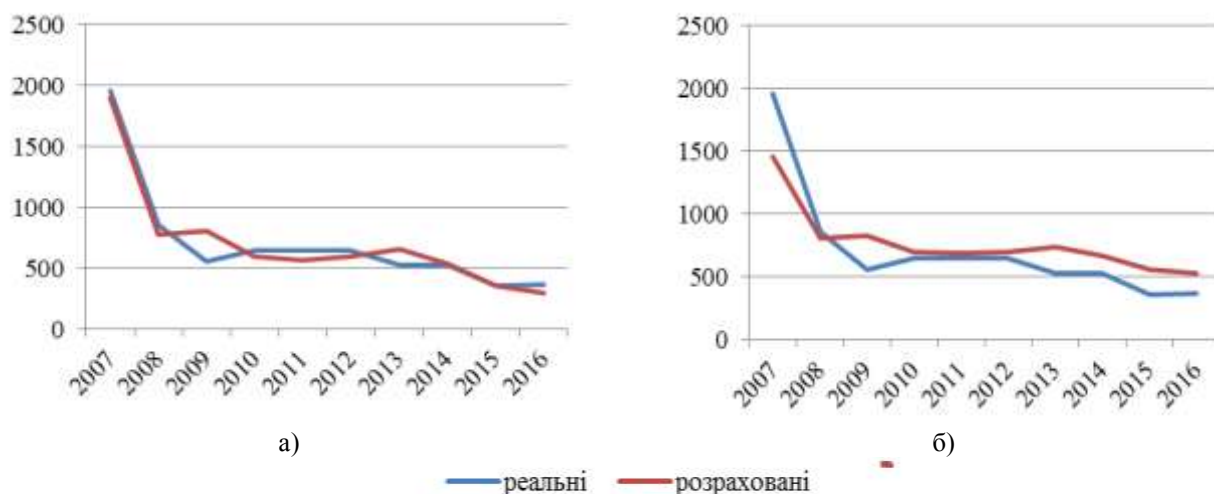


Рисунок 7 – Кількість зареєстрованих смертельних випадків. Модель парної регресії – залежність від відсотка порушень технологічного процесу з вільним членом (а) та з нульовим вільним членом (б)

Моделі множинної регресії використовують для того, щоб з'ясувати характер залежності одного дослідного показника від множини чинників. Причому, якщо значення чинників є нормованими тобто такими, що набувають значення від 0 до 1, то коефіцієнт множинної регресії вказує на ступінь впливу чинника на показник, що моделюється. В нашому випадку значення всіх чинників знаходяться в діапазоні від 0 до 1, що відповідає відсотковому значенню в статистичних даних, тому вони є нормованими.

Побудуємо модель множинної регресії від усіх обраних десяти чинників та визначимо значимість кожного чинника за коефіцієнтами при них.

Модель множинної регресії для показника КСВ має такий вигляд:

$$\begin{aligned} \text{КСВ} = & 19354,86 * \text{НВІОП} - 51013,5 * \text{НПО} - 60785,2 * \text{ППБР} + \\ & + 53963,32 * \text{ППП} + 146323,5 * \text{ТП} - 16919,3 * \text{ПДО} + 11556,06 * \text{ІВП} - \\ & - 224565 * \text{НТС} - 2580,74 * \text{ППБР} - 28942,7 * \text{ОП} \end{aligned} \quad (10)$$

Критерій достовірності для моделі (10) має значення $R^2=1$.

Аналогічно отримаємо моделі множинної регресії для показників КПЗ (11) та КНВ (12):

$$\begin{aligned} \text{КПЗ} = & 241235 * \text{НВІОП} - 539756 * \text{НПО} - 687982 * \text{ППБР} + 572291,8 * \text{ППП} + \\ & + 1535614 * \text{ТП} - 237100 * \text{ПДО} + 128929 * \text{ІВП} - 2438123 * \text{НТС} - \\ & - 42333,5 * \text{ППБР} - 314478 * \text{ОП} \end{aligned} \quad (11)$$

$$\begin{aligned} \text{КНВ} = & 141928,1 * \text{НВІОП} - 239803 * \text{НПО} - 496142 * \text{ППБР} + 268679,7 * \text{ППП} + \\ & + 885955,2 * \text{ТП} - 140702 * \text{ПДО} + 66297,2 * \text{ІВП} - 1352529 * \text{НТС} - \\ & - 14612,5 * \text{ППБР} - 175827 * \text{ОП} \end{aligned} \quad (12)$$

Критерій достовірності для моделей (11) та (12) має також значення $R^2=1$. Тобто розраховане значення повністю збігається з даними статистики, а, отже, їх графіки накладаються. Для визначення ступеня впливовості можна повністю поновити ранги чинників, пронормувавши коефіцієнти множинної регресії до найбільшого за модулем коефіцієнта.

В такому разі, коефіцієнт при кожному чиннику можна розглядати як прихований потенціал впливу чинника на відповідний показник. Чинник з найвищим рангом коефіцієнта володіє найбільший потенціал впливу на значення показника (дивись моделі (10), (11), (12)).

Поступово позбуваючись чинників з найнижчим рангом, можна отримати спрощені регресійні моделі залежності КСВ, КПЗ та КНВ від найважливішого чинника, яким для показників КСВ та КНВ є – порушення технологічного процесу, а для показника КПЗ – психофізіологічні причини (не значно перевищує ранг чинника ПТП).

Спрощені моделі для показників КСВ, КПЗ та КНВ, мають такий вигляд (рис. 8 - 10):

$$\mathbf{КСВ} = 17542,03 * \mathbf{ППП} \quad (13)$$

$$\mathbf{КПЗ} = 93747,98 * \mathbf{ПП} \quad (14)$$

$$\mathbf{КНВ} = 263799,54 * \mathbf{ППП} \quad (15)$$

Критерій достовірності для моделі (13) $R^2=0,933$, для моделі (14) $R^2=0,915$, для моделі (15) $R^2=0,956$.

Графіки спрощених моделей множинної регресії (13), (14) та (15) представлені на рис. 8 – 10 відповідно.

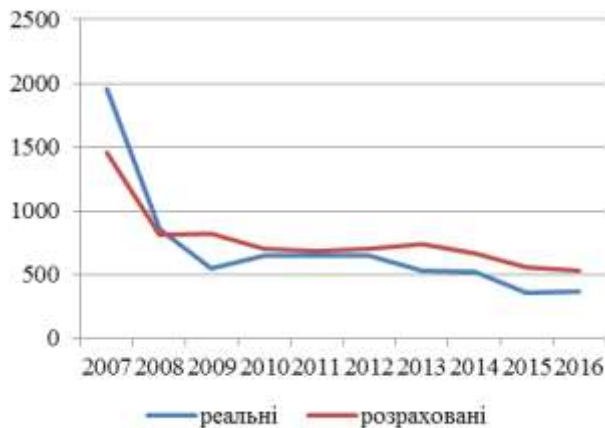


Рисунок 8 – Кількість зареєстрованих смертельних випадків на виробництві.
Спрощена модель регресії

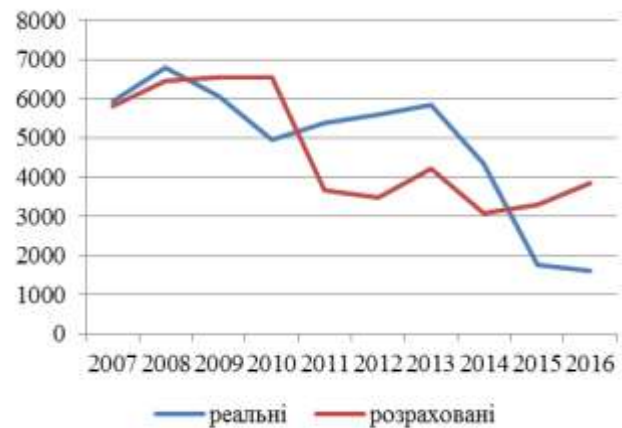


Рисунок 9 – Кількість зареєстрованих випадків професійних захворювань.
Спрощена модель регресії

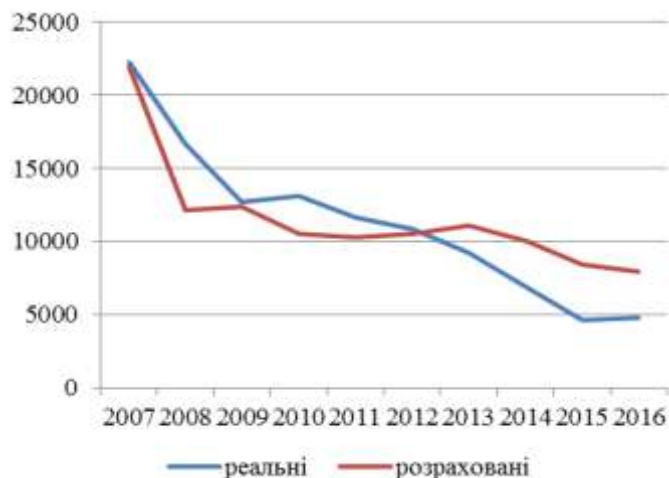


Рисунок 10 – Кількість зареєстрованих нещасних випадків, пов'язаних з виробництвом.
Спрощена модель регресії

Оскільки значення всіх десяти чинників – відсотки, то вони є нормованими, отже коефіцієнти множинної регресії у цьому випадку свідчать про рівень впливу чинника на відповідний показник.

Таким чином, можна вважати, що нормовані моделі (10), (11), (12) відображають потенціал впливу кожного чинника на ефективність функціонування СУОП за відповідним показником, що дає змогу використовувати їх для визначення пріоритетних заходів з удосконалення СУОП.

Побудова спрощених моделей множинної регресії показала, що найбільш значущим чинником, який впливає на ефективність функціонування СУОП (через зміну показників), є – порушення технологічного процесу.

В той же час, за офіційними статистичними даними (табл. 1), перше місце серед причин виникнення нещасних випадків займає чинник невиконання вимог інструкцій з охорони праці (в середньому 42 % від загальної кількості нещасних випадків), на мінімізацію якого традиційно спрямовані першочергові заходи та засоби з охорони праці. Але, як показують математичні моделі (10), (11), (12), цей чинник за рангом своєї впливовості на показники КСВ, КНВ, КПЗ займає лише 9, 6 та 5 місця відповідно.

Тобто. це свідчить про те, що традиційний підхід до розробки заходів і засобів безпеки *не дає змоги досягнути максимального результату щодо ефективності функціонування СУОП.*

Для оцінки ефективності роботи СУОП використовують різні показники, які так чи інакше розраховуються з використанням даних щодо кількості нещасних випадків. Але, згідно з рекомендаціями МОП для країн з недосконалою системою обліку, до яких на жаль відноситься й Україна, бажано використовувати показник, який ґрунтується на даних щодо кількості смертельних випадків [11].

Тому авторами, для об'єктивної оцінки ефективності функціонування СУОП, запропоновано власний *критерій – індекс динаміки смертності на виробництві (ІДСВ_i).*

ІДСВ розраховується за формулою:

$$\text{ІДСВ}_i = \text{КС}_i / \text{КС}_{i-1} \quad (13)$$

де КС_i – коефіцієнти смертності на виробництві у році номер i .

В свою чергу КС_i розраховується за формулою:

$$\text{КС}_i = \text{КСВ}_i / \text{КЗО}_i, \quad (14)$$

де КСВ_i – кількість смертельних випадків, пов'язаних з виробництвом у i -му році;

КЗО_i – кількість зайнятих осіб у i -му році.

Завдяки цьому критерію можна визначати якісні зміни функціонування СУОП: якщо $\text{ІДСВ} > 1$, то порівняно з минулим роком стан функціонування СУОП погіршився, а якщо $\text{ІДСВ} < 1$ – то покращився.

Стан функціонування СУОП можна оцінити як абсолютно ефективний, відмінний, добрий, задовільний, задовільний з обов'язковим переглядом заходів безпеки та незадовільний. Таким чином, маємо набір значень лінгвістичної змінної.

Для встановлення ступеня якісних змін стану функціонування СУОП, за аналогією з методикою побудови оцінок альтернатив в задачах прийняття рішень для ієрархічних систем на основі лінгвістичних змінних [12], ми пропонуємо таку шкалу оцінок:

$0 \leq \text{ІДСВ} < 0,1$ – СУОП абсолютно ефективна;

$0,1 \leq \text{ІДСВ} < 0,3$ – СУОП функціонує відмінно;

$0,3 \leq \text{ІДСВ} < 0,7$ – СУОП функціонує добре;

$0,7 \leq \text{ІДСВ} < 1,0$ – СУОП функціонує задовільно;

$1,0 \leq \text{ІДСВ} < 1,1$ – СУОП функціонує задовільно, але потрібен обов'язковий перегляд заходів безпеки;

$1,1 \leq \text{ІДСВ}$ – СУОП функціонує незадовільно.

Якщо $\text{КСВ}_{i-1}=0$, тобто $\text{КС}_{i-1}=0$, то значення критерію ІДСВ_i обчислити не можна. Але у разі, якщо в i -му році зареєстрований хоча б 1 смертельний випадок, то СУОП необхідно оцінити як таку, що працює незадовільно, отже критерієві можна присвоїти значення таке, що набагато більше за одиницю (наприклад, 100 або 1000). Таким чином, формулу (13) можна представити у такому, уточненому вигляді:

$$\text{ІДСВ}_i = \begin{cases} \text{КС}_i / \text{КС}_{i-1}, & \text{якщо } \text{КС}_{i-1} \neq 0; \\ 100, & \text{якщо } \text{КС}_{i-1} = 0 \end{cases} \quad (15)$$

На основі запропонованого критерію, авторами оцінено ефективність стану функціонування СУОП в Україні по роках (табл. 2).

Оцінка стану функціонування СУОП в Україні в 2008-2016 рр.

Рік	Індекс динаміки смертності на виробництві	Оцінка
2008	0,436058	функціонує добре
2009	0,669015	функціонує добре
2010	1,230088	функціонує незадовільно
2011	1,006631	задовільно, але потрібен обов'язковий перегляд
2012	0,990758	функціонує задовільно
2013	0,815103	функціонує задовільно
2014	1,062587	задовільно, але потрібен обов'язковий перегляд
2015	0,753693	функціонує задовільно
2016	1,021442	задовільно, але потрібен обов'язковий перегляд

За підсумками цієї статті можна зробити такі висновки:

1. Метою функціонування СУОП є підтримання рівня професійних ризиків на підприємстві в межах прийнятних значень. Для досягнення цієї мети необхідно вирішувати завдання, що спрямовані на усунення або мінімізацію причин виникнення цих ризиків.

2. Нещасні випадки на виробництві в Україні структурують відповідно до причин, що їх викликали. Перше місце належить організаційним причинам, друге – технічним, третє – психофізіологічним. Для проведення структурного аналізу причин виникнення професійних захворювань в Україні та встановлення відповідних взаємозв'язків необхідно використовувати методи математичного моделювання.

3. В результаті кореляційного аналізу оцінено характер та силу взаємозв'язків між причинами виникнення нещасних випадків, професійних захворювань та їх наслідками.

4. Побудова математичних моделей часового ряду, парної та множинної регресії дала змогу відповідно:

– спрогнозувати динаміку зміни дослідних показників на майбутні періоди;

– з'ясувати характер залежності «дослідний показник – причина», між якими існує кореляційний зв'язок середньої або більшої сили;

– визначити характер залежності одного дослідного показника від множини причин.

5. Для об'єктивної оцінки ефективності функціонування СУОП і ступеня якісних змін її стану, авторами запропоновано власний критерій – індекс динаміки смертності на виробництві та відповідну шкалу оцінки, на основі яких оцінено стан СУОП в Україні у 2008 – 2016 роках.

Список літератури:

1. The United States Census Bureau. Reports for 2007-2016 [Електронний ресурс] / Режим доступу: <https://www.census.gov/>

2. Охорона праці та бізнес. Звіт МОП. [Електронний ресурс] / Режим доступу: http://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---europe/---ro-geneva/---sro-moscow/documents/publication/wcms_312447.pdf

3. Бочковський, А. П. Теоретичні аспекти критеріальної оцінки потенціалу ефективності системою управління охороною праці [Текст] / А. П. Бочковський // Бюлетень ЛДУ БЖД. – 2016. – № 12. – С.100-107. DOI: 10.13140/RG.2.1.2413.5444

4. Волкова, Н. В. Мониторинг функционирования системы управления охраной труда [Текст] / Н. В. Волкова // Наукоедение. – 2013. – № 1. – С.1-18. <http://naukovedenie.ru/PDF/67tvn113.pdf>

5. Смирнитская, М. Б. Качественный анализ системы управления охраной труда машиностроительного предприятия [Текст] / М.Б. Смирнитская // Машиностроение. – 2015. – № 16. – С.139-144. <http://repo.uipa.edu.ua/jspui/handle/123456789/4802>

6. Аналіз страхових нещасних випадків та професійних захворювань в Україні в 2007 – 2016 рр. Фонд соціального страхування від нещасних випадків на виробництві та професійних захворювань в Україні [Електронний ресурс] / Режим доступу: <http://www.social.org.ua/activity/stat>

7. Індекс виробництва продукції в Україні по роках. Мінфін [Електронний ресурс] / Режим доступу: <http://index.minfin.com.ua/index/prom/>

8. Основні показники соціально-економічного розвитку України за 2007 – 2016 рр. Державна служба статистики України [Електронний ресурс] / Режим доступу: <http://www.ukrstat.gov.ua/>

9. Харченко, М. А. Корреляционный анализ [Текст]: Учебное пособие для ВУЗов / М. А. Харченко. – ВГУ, 2008. – 31 с.

10. Кремер, Н. Ш. Эконометрика. [Текст]: Учебник для ВУЗов / Н. Ш. Кремер, Б. А. Путко. – Москва, 2012. – С. 328.

11. Bochkovskii, A. P. Labour protection and industrial safety in Ukraine: problems of transition period and perspective ways of development [Text] / A. P. Bochkovskii, N.Y. Sapozhnikova, V. D. Gogunskii // Grain Products and Mixed Fodder's. – 2016. – № 4 (64). – P. 42 – 50. DOI: 10.13140/RG.2.2.20894.13126

12. Саати, Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий [Текст] (перевод с англ.) / Т. Саати. – Москва, 1993. – 278 с. http://bsuir-helper.ru/sites/default/files/2011/03/11/met/Tomas_Saati_-_Prinyatie_Resheii._Metody_analiza_ierarhii.1993.pdf

References:

1. The United States Census Bureau. Reports for 2007-2016. Available at: <https://www.census.gov/>

2. Labor and business. Report of the ILO. Available at: http://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---europe/---ro-geneva/---sro-moscow/documents/publication/wcms_312447.pdf

3. Bochkovsky, A. P. (2016). Teoretychni aspekty kryterialnoi otsinky potentsialu efektyvnosti systemoiu upravlinnia okhoronoiu pratsi [Theoretical aspects of criteria assess the potential effectiveness of OSH management system]. *Bulletin of the Lviv State University of Life Safety*, 12, 100-107. DOI: 10.13140/RG.2.1.2413.5444

4. Volkova, N.V. (2013). Monitorynh funktsyonyrovanyia systemy upravleniya okhranoi truda [Monitoring the operation of the OSH management system]. *Science*, 1, 1-8. <http://naukovedenie.ru/PDF/67tvn113.pdf>

5. Smyrnytska, M (2015). Kachestvennui analiz systemy upravleniya okhranoi truda mashynostroytelnoho predpriyatiya [The qualitative analysis of the labor protection system in the engineering enterprise]. *Mechanical engineering*, 16, 139-144

6. Analysis of accident insurance and occupational diseases in Ukraine in 2007 – 2016 rr. Social Insurance Fund of accidents and occupational diseases in Ukraine. Available at: <http://www.social.org.ua/activity/stat>

7. The index of production in Ukraine for years. Ministry of Finance. Available at: <http://index.minfin.com.ua/index/prom/>

8. The main indicators of socio-economic development of Ukraine for 2007 – 2016 rr. State Statistics Service of Ukraine Available at: <http://www.ukrstat.gov.ua/>

9. Kharchenko M.A. (2008). Korreliatsyonnui analiz [Correlation analysis], 31

10. Kremer, N. Sh., Putko, B. A. (2012). Эконометрика [Econometrics], 328.

11. Bochkovskii, A. P., Sapozhnikova, N.Y., Gogunskii, V. D. (2016) Labour protection and industrial safety in Ukraine: problems of transition period and perspective ways of development. *Grain Products and Mixed Fodder's*, 4(64), 42 – 50. DOI: 10.13140/RG.2.2.20894.13126

12. Saati, T. (1993) Pryniate reshenyi. Metod analiza yerarkhyi [Analytic hierarchy process], 278.

