

Державна служба України з питань праці  
Національна академія наук України  
Державна установа «Національний науково-дослідний інститут  
промислової безпеки та охорони праці»

**ІЛЬЧУК ОКСАНА СТЕПАНІВНА**



**УДК 331.46**

**ПІДВИЩЕННЯ РІВНЯ ЕФЕКТИВНОСТІ УПРАВЛІННЯ ОХОРОНОЮ  
ПРАЦІ НА МАШИНОБУДІВНОМУ ВИРОБНИЦТВІ МЕТОДАМИ  
БЕНЧМАРКІНГУ**

Спеціальність 05.26.01 – охорона праці

**АВТОРЕФЕРАТ**

дисертації на здобуття наукового ступеня  
кандидата технічних наук

Київ – 2018

Дисертацією є рукопис

Робота виконана на кафедрі охорони праці, промислової та цивільної безпеки Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» Міністерства освіти і науки України

**Науковий керівник** – доктор технічних наук, професор

**Левченко Олег Григорович,**

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»,

завідувач кафедри охорони праці, промислової та цивільної безпеки

**Офіційні опоненти:** доктор технічних наук, доцент

**Лапшин Олександр Олександрович**

Криворізький національний університет,

професор кафедри охорони праці та цивільної безпеки

кандидат технічних наук, старший науковий співробітник

**Романенко Наталія Володимирівна**

Національний університет харчових технологій,

доцент кафедри екологічної безпеки та охорони праці

Захист відбудеться «31» січня 2019 р. о 10.00 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради К 26.802.01 при ДУ «Національний науково-дослідний інститут промислової безпеки та охорони праці» (04060, м. Київ, вул. Вавілових, 13).

З дисертацією можна ознайомитися в бібліотеці ДУ «Національний науково-дослідний інститут промислової безпеки та охорони праці» (04060, м. Київ, вул. Вавілових, 13).

Автореферат розісланий «26» грудня 2018 р.

Вчений секретар

спеціалізованої вченої ради К 26.802.01,

к.т.н.

В.В. Майстренко



## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Актуальність теми.** Виробничий травматизм – актуальна проблема в усіх країнах світу, у тому числі і в Україні. За даними Всесвітньої Організації Охорони здоров'я, смертність від нещасних випадків у наш час займає третє місце після серцево-судинних і онкологічних захворювань. За даними Міжнародної організації праці кожні три хвилини в результаті нещасного випадку або професійного захворювання в світі гине один працівник, а щосекунди четверо працюючих отримують травму.

Незважаючи на зменшення загальної кількості випадків виробничого травматизму в Україні протягом останніх років, становище в сфері охорони праці залишається напруженим.

Багато підприємств проявляють зацікавленість щодо використання моделі управління охороною праці, що передбачає взаємну соціальну й економічну відповідальність бізнесу і працівників у ході забезпечення безпечних умов праці з метою підвищення ролі соціального партнерства.

Аналізуючи стан виробничого травматизму в машинобудівній галузі, який характеризується досить високим рівнем, можна стверджувати, що завдання створення належних умов праці вимагає не тільки організаційно-управлінських, а й технічних рішень та комплексного підходу.

Тому підвищення рівня ефективності управління охороною праці на машинобудівному виробництві методами бенчмаркінгу є актуальною науковою задачею, що дає можливість у рамках запропонованих моделей здійснити оптимальний вибір заходів з охорони праці.

### **Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.**

Дисертацію виконано згідно з планом науково-дослідної роботи кафедри охорони праці, промислової та цивільної безпеки Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» «Підвищення рівня ефективності управління охороною праці методами бенчмаркінгу» № держ. реєстрації 0117U007246 на 2017–2019 роки.

**Мета і завдання досліджень.** Метою роботи є підвищення рівня ефективності управління охороною праці в машинобудівній галузі на підставі бенчмаркінгу завдяки розробленню нових та удосконаленню існуючих моделей і засобів комплексного оцінювання стану охорони праці.

Досягнення цієї мети передбачає впровадження в систему управління охороною праці (СУОП) методології бенчмаркінгу та аналітичних методів на основі комплексного врахування причин виробничого травматизму в галузі машинобудування і стандартизованих показників з урахуванням невизначеності різного характеру.

Для досягнення мети поставлено такі завдання:

- проаналізувати наявні підходи до управління охороною праці, визначити основні причини виникнення виробничого травматизму в галузі машинобудування та показники, які впливають на стан охорони праці;
- розробити математичні моделі оцінювання рівня стану охорони праці на

машинобудівному виробництві для встановлення відносної значущості досліджуваних об'єктів на основі їх упорядкування;

- розробити модель і адаптувати метод цілочисельної покрокової оптимізації заходів з охорони праці з метою розподілу економічних ресурсів, виділених на охорону праці для машинобудівних виробництв;

- розробити алгоритм прийняття управлінських рішень на основі положень бенчмаркінгу для розширення функціональних можливостей системи управління охороною праці.

**Об'єкт досліджень** – управління охороною праці в галузі машинобудування.

**Предмет досліджень** – методи і механізми прийняття рішень в системі управління охороною праці в галузі машинобудування.

**Методи дослідження.** В основу досліджень покладено елементи системного аналізу і математичного моделювання. Для вирішення поставлених завдань використано такі методи дослідження:

- *метод експертних оцінок, метод ABC-аналізу, закон Парето* – для виділення найбільш значущих причини виробничого травматизму в галузі машинобудування;

- *метод головних компонент* – для визначення коефіцієнтів кореляції між основними причинами виникнення нещасних випадків;

- *правила ранжування Борда та Копленда* – у процесі рейтингового оцінювання рівня виробничого травматизму та поточного стану охорони праці на підприємствах в галузі машинобудування;

- *метод цілочисельної покрокової оптимізації* – у процесі бенчмаркінгу впровадження заходів з охорони праці на машинобудівних підприємствах та розроблення моделі їх оптимального планування.

**Наукова новизна** отриманих результатів:

- вперше розроблено послідовну модель стану охорони праці машинобудівного виробництва, яка відрізняється від існуючих застосуванням методів бенчмаркінгу, що дало можливість доповнення та удосконалення системи управління охороною праці, розширення її функціональних можливостей в галузі машинобудування;

- вперше отримано математичну модель ранжування машинобудівних виробництв на основі методів Борда та Копленда, яка відрізняється від існуючих комплексним врахуванням показників та причин виробничого травматизму, що дало змогу підвищити точність оцінювання і прийняття управлінських рішень у сфері охорони праці для зниження рівня виробничого травматизму;

- удосконалено метод цілочисельної покрокової оптимізації, який відрізняється від існуючих врахуванням відсоткової частки впливу кожного заходу з охорони праці на показник виробничого травматизму, що дає можливість вибору оптимальної сукупності щорічного впровадження заходів з охорони праці з урахуванням наданих економічних ресурсів;

- дістали подальшого розвитку механізми емпіричного аналізу стану охорони праці, що дало можливість аналізування та оцінювання показників, причин виробничого травматизму, які впливають на ефективність управління охороною праці в галузі машинобудування і відрізняються від існуючих багатовимірним статистичним аналізом.

**Обґрунтованість та достовірність** наукових положень, висновків і рекомендацій забезпечується коректністю прийнятих у математичних залежностях припущень, застосуванням сучасних методів аналізу, позитивним впровадженням результатів роботи.

**Практичне значення отриманих результатів** полягає в наступному:

- розроблено модель рейтингового оцінювання рівня стану охорони праці в галузі машинобудування при використанні правил ранжування, що дає можливість стимулювати керівництво до проведення корегуючих заходів, провести аналіз подальших дій з охорони праці, враховуючи визначений рівень виробничого травматизму на кожному машинобудівному підприємстві;
- удосконалено програмний алгоритм моделі вибору заходів з охорони праці, що дає можливість оперативного вибору оптимальної їх сукупності за результатами використання наданих економічних ресурсів;
- розроблено методику бенчмаркінгу охорони праці, що дало можливість доповнити та удосконалити систему управління охороною праці, розширити її функціональні можливості для підприємств у галузі машинобудування;
- розроблено алгоритм прийняття управлінських рішень на основі створеної методики бенчмаркінгу, що дало змогу обґрунтувати вибір сукупності необхідних заходів з охорони праці.

Розроблені заходи та практичні рекомендації з охорони праці впроваджено на ПрАТ «АвтоКрАЗ», що підтверджено відповідним актом.

Результати наукових досліджень використано в навчальному процесі кафедри охорони праці, промислової та цивільної безпеки КПІ ім. Ігоря Сікорського.

**Особистий внесок здобувача.** Дисертаційна робота є результатом самостійно виконаних наукових досліджень здобувача. Внесок автора в роботи, що виконані в співавторстві, полягав у формуванні напрямків досліджень та попередньому аналізуванню виробничого травматизму [8-11, 13], науковій постановці завдань [1, 2, 12, 17], визначенні методів і методики досліджень [14-16, 18-21], участі в проведенні та узагальненні результатів досліджень, впровадженні практичних рекомендацій за результатами досліджень [3-7, 22-24].

**Апробація результатів дисертації.** Основні положення дисертаційної роботи доповідалися на: VIII–XVI Всеукраїнських науково-методичних конференціях «Проблеми охорони праці, промислової та цивільної безпеки» (м. Київ, КПІ ім. Ігоря Сікорського 2013–2017 рр.); XVI–XIX Міжнародних науково-практичних конференціях студентів, аспірантів і молодих учених «Екологія. Людина. Суспільство» (м. Київ, НТУУ «КПІ» 2013–2016 рр.); VII, IX Міжнародних науково-технічних конференціях «Енергетика. Екологія. Людина» (м. Київ, КПІ ім. Ігоря Сікорського 2016–2017 рр.); I–II Міжнародних науково-технічних Інтернет-конференціях «Інноваційний розвиток гірничодобувної галузі» (м. Кривий Ріг, КНУ, 2016–2017рр.); III Міжнародній науково-практичній конференції «Актуальні питання сучасної науки» (м. Київ, МЦНД, 2017 р.); II Міжнародній науково-практичній конференції «Потенціал сучасної науки» (м. Київ, МЦНД, 2017 р.).

**Публікації.** За матеріалами дисертаційної роботи опубліковано 22 наукові праці, з них: 5 публікацій – в наукових фахових та наукометричних виданнях; 2 – в інших науково-технічних виданнях; 15 – у тезах доповідей на науково-практичних конференціях.

**Структура та обсяг дисертаційної роботи.** Дисертаційна робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків; містить 23 рисунків, 22 таблиці, 34 формулу. Загальний обсяг дисертації – 195 сторінок, з них основний текст – 115 сторінок.

## ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

**У вступі** обґрунтовано актуальність вибраної теми дисертації, сформульовано мету, задачі, об'єкт та предмет досліджень, показано наукову новизну та практичне значення отриманих у дисертації результатів, вказано особистий внесок здобувача, наведено дані про впровадження результатів роботи, їх апробацію та опублікування.

**У першому розділі** проаналізовано поточний стан ефективності управління охороною праці на машинобудівних виробництвах України. Здійснено аналіз існуючих методів та засобів оцінювання виробничого травматизму.

Представлена схема задач з підвищення рівня ефективності управління охороною праці на виробництві в умовах комплексного підходу, що включає в себе виконання комплексу завдань: аналіз показників впливу на управління охороною праці на виробництві; аналіз вихідної інформації щодо її достовірності, враховуючи часові інтервали дослідження та велику сукупність виробництв; використання методів ранжування показників, що впливають на управління охороною праці на виробництві з метою визначення поточного стану виробничого травматизму; визначення коригуючих дій в галузі охорони праці та вибору заходів з охорони праці, які максимально поліпшать стан справ у галузі, враховуючи при цьому вплив економічної складової виробництва.

Встановлено, що для реалізації поставлених завдань необхідно створити досить розгалужену систему, тому для їх вирішення є необхідність у використанні комплексу математичних моделей, кожна з яких направлена на вирішення своїх завдань, а при їх компонуванні об'єднуються в єдину мету – підвищення рівня ефективності управління охороною праці на машинобудівному виробництві. Для цього обґрунтовано необхідність застосування методів бенчмаркінгу охорони праці, концепція якого полягає в поширенні передового досвіду і найкращих досягнень у цій сфері як найбільш адекватної системи для машинобудівної галузі України. Наведено види методології бенчмаркінгу.

Проведений аналіз дав можливість визначити мету і завдання досліджень.

**У другому розділі** сформовано сукупності показників впливу на управління рівнем виробничого травматизму на машинобудівному підприємстві.

За результатами експертного оцінювання визначена сукупність причин, які найбільшим чином відповідають поставленому завданню оцінювання рівня виробничого травматизму в галузі машинобудування.

Виконано аналіз причин виробничого травматизму за 12-ти бальною шкалою з метою визначення впливу кожної з них на стан охорони праці в галузі машинобудування.

Обчислено, коефіцієнт конкордації  $W = 0,89$  – це свідчить про узгодженість думок експертів. Проведена оцінка його значущості використовуючи критерій Пірсона  $\chi^2$ . Критичне значення критерію узгодженості Пірсона  $\chi_{кр}^2 = 42,56$ . Визначено, що  $\chi_{розн.}^2 > \chi_{кр}^2$ , тому отримані результати можуть використовуватися в подальших дослідженнях.

На наступному етапі проведено процедуру скорочення кількості впливових факторів методом головних компонент.

Перший крок процедури є проведення розрахунку на основі початкових даних кореляційної матриці, яка відображає тісноту зв'язку між причинами виробничого травматизму, які, на думку експертів, істотно впливають на виробничий травматизм у галузі машинобудування (табл. 1). Обчислення проводилися за допомогою стандартного модуля *Factor Analysis* пакету прикладних програм *STATISTICA*.

Таблиця 1 – Кореляційна матриця

Причини ВТ	Коефіцієнти кореляції											
	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	X11	X12
X1	1,00	0,98	0,81	0,79	0,89	0,70	0,98	0,58	0,88	0,82	0,80	0,45
X2	0,98	1,00	0,85	0,83	0,93	0,75	0,96	0,48	0,90	0,85	0,79	0,40
X3	0,81	0,85	1,00	0,98	0,96	0,98	0,71	0,23	0,99	1,00	0,93	0,39
X4	0,79	0,83	0,98	1,00	0,94	0,97	0,68	0,28	0,96	0,99	0,95	0,48
X5	0,89	0,93	0,96	0,94	1,00	0,92	0,83	0,32	0,97	0,96	0,87	0,35
X6	0,70	0,75	0,98	0,97	0,92	1,00	0,58	0,11	0,95	0,98	0,88	0,31
X7	0,98	0,96	0,71	0,68	0,83	0,58	1,00	0,59	0,80	0,73	0,69	0,41
X8	0,58	0,48	0,23	0,28	0,32	0,11	0,59	1,00	0,33	0,25	0,44	0,57
X9	0,88	0,90	0,99	0,96	0,97	0,95	0,80	0,33	1,00	0,99	0,92	0,39
X10	0,82	0,85	1,00	0,99	0,96	0,98	0,73	0,25	0,99	1,00	0,93	0,42
X11	0,80	0,79	0,93	0,95	0,87	0,88	0,69	0,44	0,92	0,93	1,00	0,64
X12	0,45	0,40	0,39	0,48	0,35	0,31	0,41	0,57	0,39	0,42	0,64	1,00

Результати застосування методу головних компонент представлено даними матриці факторних навантажень (табл. 2).

До першої головної компоненти  $F_1$  (57 % від загальної дисперсії) увійшли такі причини виробничого травматизму, як: невиконання посадових обов'язків; незадовільний технічний стан виробничих об'єктів, будинків, споруд, території; особиста необережність потерпілого; порушення вимог безпеки під час експлуатації устаткування, машин, механізмів тощо; порушення технологічного процесу; травмування внаслідок протиправних дій інших осіб; конструктивні недоліки, недостатня надійність засобів виробництва.

Таблиця 2 – Матриця факторних навантажень

Факторні навантаження			
Причини ВТ	Фактор - 1	Фактор - 2	Фактор - 3
X1	0,583712	<b>0,779284</b>	0,195162
X2	0,653045	<b>0,728777</b>	0,114878
X3	<b>0,940773</b>	0,308722	0,124661
X4	<b>0,927905</b>	0,263909	0,234507
X5	<b>0,852755</b>	0,496131	0,062608
X6	<b>0,979884</b>	0,159074	0,056610
X7	0,463828	<b>0,855509</b>	0,156189
X8	-0,073532	0,682020	0,637058
X9	<b>0,883815</b>	0,438990	0,124168
X10	<b>0,935262</b>	0,319289	0,143321
X11	<b>0,829850</b>	0,288133	0,445275
X12	0,265666	0,126247	<b>0,921384</b>
Власні числа	6,836229	3,165470	1,642359
Вага факторів, %	0,569686	0,263789	0,136863

До другої головної компоненти (26,37 % від загальної дисперсії) з високими факторними навантаженнями ввійшли такі причини: незадовільний технічний стан виробничих об'єктів, будинків, споруд, території; невиконання вимог інструкцій з охорони праці; недосконалість, невідповідність вимогам безпеки технологічного процесу.

У третій головній компоненті (13,7 % від загальної дисперсії) найбільш вагомими є:

порушення вимог безпеки під час експлуатації транспортних засобів.

Графічну візуалізацію приналежності вихідних факторів до певної головної компоненти забезпечує побудова тривимірної діаграми факторних навантажень головних компонент (рис. 1).

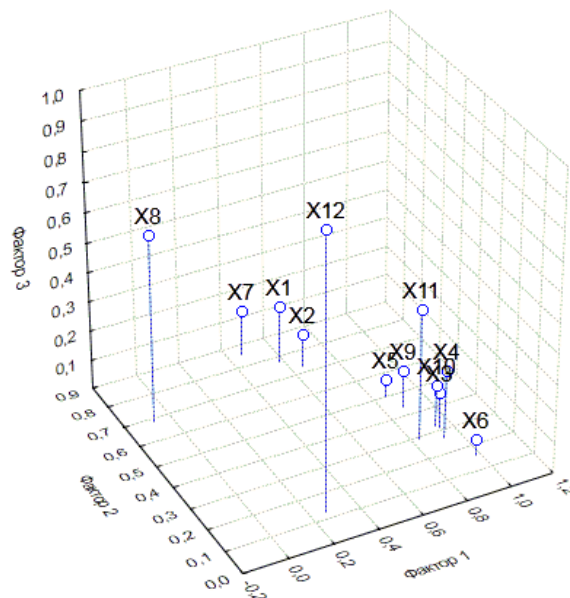


Рис. 1 – Діаграма факторних навантажень головних компонент: фактор 1, 2, 3 – головні компоненти великого, середнього та низького впливу відповідно



Запропоновано модель факторного аналізу причин виробничого травматизму представити у вигляді:

$$Z_j = a_1 F_1 + a_2 F_2 + \dots + a_{ij} F_i, \quad (1)$$

де  $Z_j$  – залежні фактори виробничого травматизму;  $F_1, \dots, F_i$  – головні компоненти;  $a_{ij}$  – вага  $i$ -ої головної компоненти в  $j$ -ій змінній.

Головні компоненти  $F_i$  представляють лінійну комбінацію  $n$  змінних:

$$F_i = \frac{1}{\lambda_i} (a_{i1} Z_1 + a_{i2} Z_2 + \dots + a_{ij} Z_j), \quad (2)$$

де  $\lambda_i$  – власні числа  $i$ -ої головної компоненти.

За результатами проведених досліджень отримано остаточні вирази для головних компонент:

$$\begin{aligned} F_1 &= \frac{1}{6,8362} \cdot (0,9408 Z_3 + 0,9279 Z_4 + 0,8528 Z_5 + 0,9799 Z_6 + 0,8838 Z_9 + \\ &+ 0,9353 Z_{10} + 0,8299 Z_{11}); \\ F_2 &= \frac{1}{3,1655} \cdot (0,7793 Z_1 + 0,7288 Z_2 + 0,8555 Z_7); \\ F_3 &= \frac{1}{1,6424} \cdot 0,9214 Z_{12}. \end{aligned} \quad (3)$$

Методом головних компонент сформовано узагальнюючі фактори, що дало змогу знизити розмірність інформативного поля та дозволило спростити математичну модель факторного аналізу причин виробничого травматизму.

Подальший аналіз причин виробничого травматизму дав змогу знизити ризик прийняття помилкового рішення, який було математично обґрунтовано.

Для статистичного аналізу причин виробничого травматизму застосовано метод *ABC*-аналізу, що дало можливість встановити їх ступінь впливу на безпеку виробництва і обґрунтувати фінансування заходів з охорони праці, які найбільш необхідні для зниження виробничого травматизму та одночасно знизити витрати на інші заходи за рахунок усунення зайвих функцій і видів робіт.

Кожній причині нещасних випадків приписано ранг відповідно до її значущості. Тобто ранг 1 присвоєно коду 24.2 «Невиконання вимог інструкцій з охорони праці», ранг 2 – 06.0 «Незадовільний технічний стан виробничих об'єктів, будинків, споруд, території» тощо.

За результатами дослідження отримано діаграму Парето та *ABC*-аналіз статистичного розподілу потерпілих за причинами нещасних випадків на машинобудівних виробництвах України (рис. 2). Це дало змогу здійснити розподіл досліджуваної ознаки на три групи за ступенем важливості. Група *A* характеризує

найбільш важливі чинники (в законі Парето результат їх дії становить 80 %); чинники групи *B* займають проміжне положення; група *C* – найменш значущі.

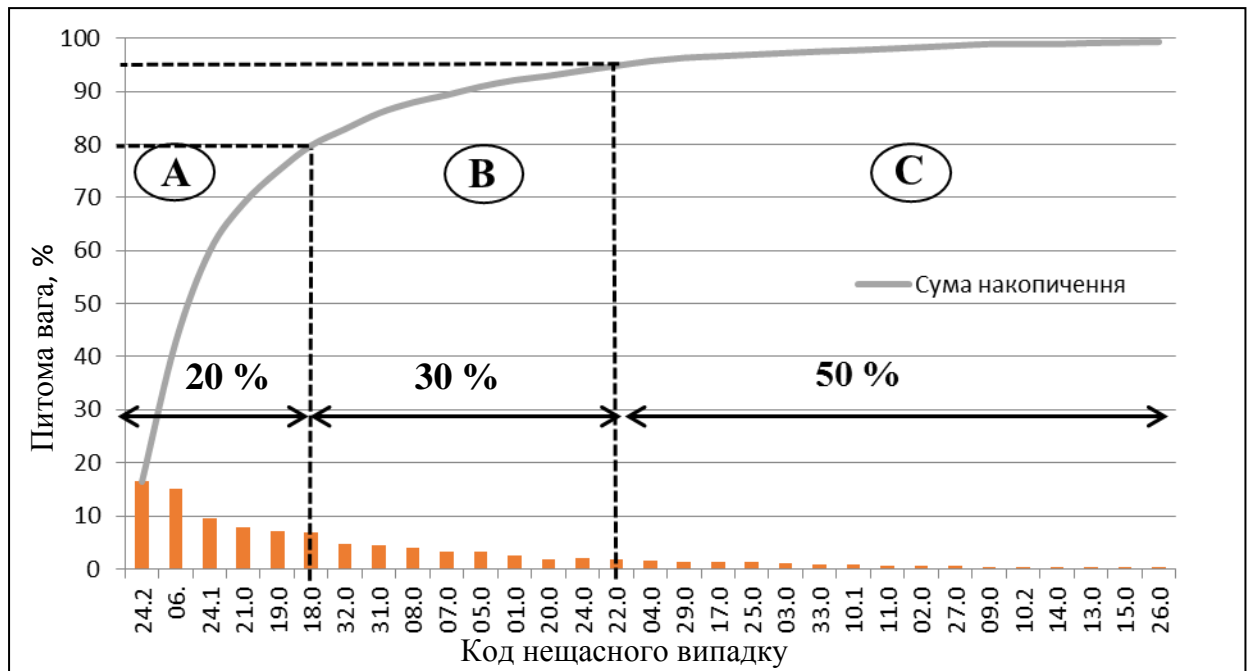


Рис. 2 – Діаграма Парето та *ABC*-аналіз статистичного розподілу потерпілих за причинами нещасних випадків на машинобудівних виробництвах України

Встановлено, що близько 80 % нещасних випадків на машинобудівних виробництвах України припадає в середньому на 20 % чинників (група *A*). На групу *B*, що включає 30 % чинників, припадає 15 % випадків травматизму. До групи *C* відноситься 50 % причин, за якими щорічно в середньому відбувається 5 % нещасних випадків.

Для зниження ризику прийняття помилкового рішення щодо вибору заходів з охорони праці зіставлено результати методу головних компонент і *ABC*-аналізу.

Запропоновано впровадити коефіцієнт конкордації як критерій узгодженості результатів.

Виокремлено 12 найбільш значущих причини виробничого травматизму за результатами методів головних компонент і *ABC*-аналізу. Присвоєно номери, що характеризують їх вплив на стан виробничого травматизму (більш вагомим причинам приписуються перші номери).

Коефіцієнт конкордації визначено за формулою:

$$W = \frac{12 \cdot \sum_{i=1}^n \left\{ \sum_{j=1}^m x_{ij} - \frac{1}{2} \cdot m(k+1) \right\}^2}{m^2(k^3 - k)}, \quad (4)$$

де  $m$  – кількість методів;  $k$  – кількість причин виробничого травматизму;  $x_{ij}$  – номер рангу  $j$ -ої причини виробничого травматизму  $i$ -го методу.

Для запропонованих методів коефіцієнт конкордації  $W = 0,92$ , що свідчить про високу ступінь їх узгодженості.

**У третьому розділі** здійснено математичне моделювання процесу оцінювання рівня ефективності управління охороною праці в галузі машинобудування.

Виокремлено найсуттєвіші показники ефективності СУОП: виробничого травматизму, небезпечності виробничого обладнання, умов праці, небезпечності технологічних процесів, забезпечення засобами індивідуального захисту.

Запропоновано у процесі обробки й аналізу інформації стану рівня виробничого травматизму на машинобудівних виробництвах застосувати правила ранжування.

Зі сформованої групи показників для ранжування використано найсуттєвіші показники ефективності функціонування СУОП. Кожний показник піддається аналізу по відношенню до всіх виробництв. В якості математичного інструментарію ранжування машинобудівних виробництв використано правило Борда.

Модель ранжування виробництв за допомогою правила Борда має наступну структуру. По кожному  $j$ -му показнику  $i$ -го машинобудівного виробництва  $x_{ji}$  упорядковано всі виробництва від кращого до гіршого з точки зору ефективності управління охороною праці. За останнє місце  $i$  виробництво отримало 0 балів, один бал за передостаннє і так далі, за перше місце  $i$  виробництво отримало  $i-1$  бал. Згодом підраховано бали, отримані по кожному показнику. У загальному рейтингу на перше місце поставлено  $i$  виробництво з найбільшою сумою балів.

Матриця спостережень має наступний вигляд:

$$X = \begin{bmatrix} x_{11} & \dots & x_{1i} \\ \dots & \dots & \dots \\ x_{j1} & \dots & x_{ji} \end{bmatrix}. \quad (5)$$

За коефіцієнтами, які визначено за кожним показником, розраховано результуючий коефіцієнт Борда  $B(\Pi_i)$  для кожного виробництва

$$B(\Pi_i) = \sum_{j=1}^n \frac{NT_{rj}}{NP_{ri}} \cdot B_j(\Pi_i), \quad i = \overline{1, m}, \quad (6)$$

де  $NT_{rj}$  – кількість травмованих по  $j$ -му показнику;  $NP_{ri}$  – загальна кількість працівників на  $i$ -му машинобудівному виробництві;  $n$  – кількість показників для оцінювання;  $m$  – кількість виробництв;  $B_j(\Pi_i)$  – коефіцієнт Борда по  $j$ -му показнику  $i$ -го машинобудівного виробництва.

За результатами дослідження упорядковано 44 машинобудівні виробництва за ступенем переваги.

Графічне представлення результатів ранжування правилом Борда зображено на рис. 3.

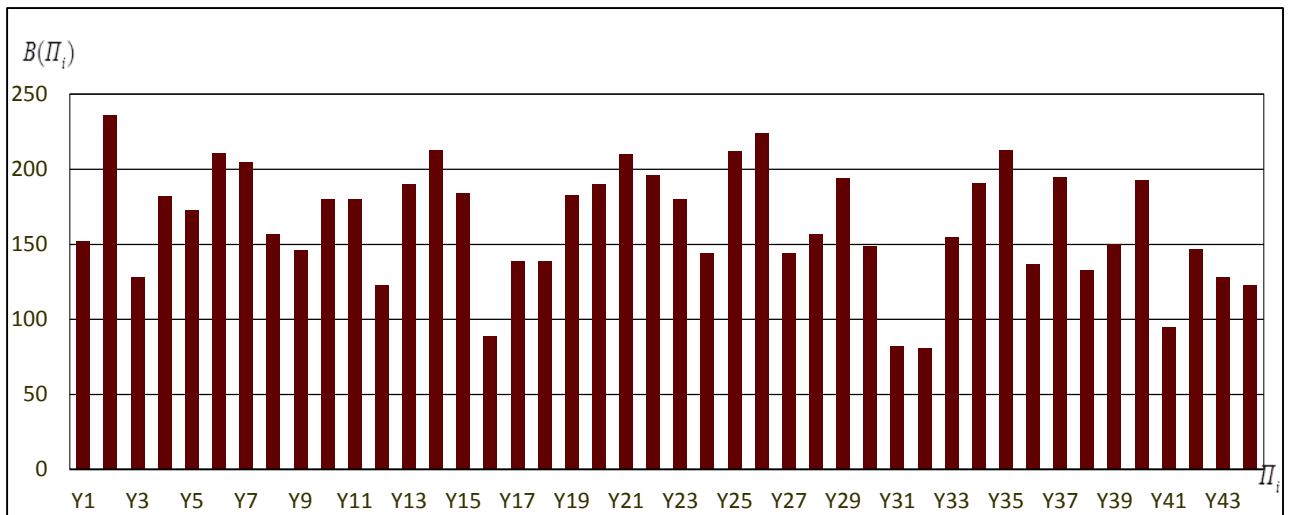


Рис. 3 – Графічне представлення ранжування за правилом Борда

Для підвищення адекватності результатів запропоновано здійснити ранжування за правилом Коппенда.

Для кожного  $\Pi_i$  розраховано коефіцієнт Коппенда.

Графічне представлення результатів ранжування правилом Коппенда зображено на рис. 4.

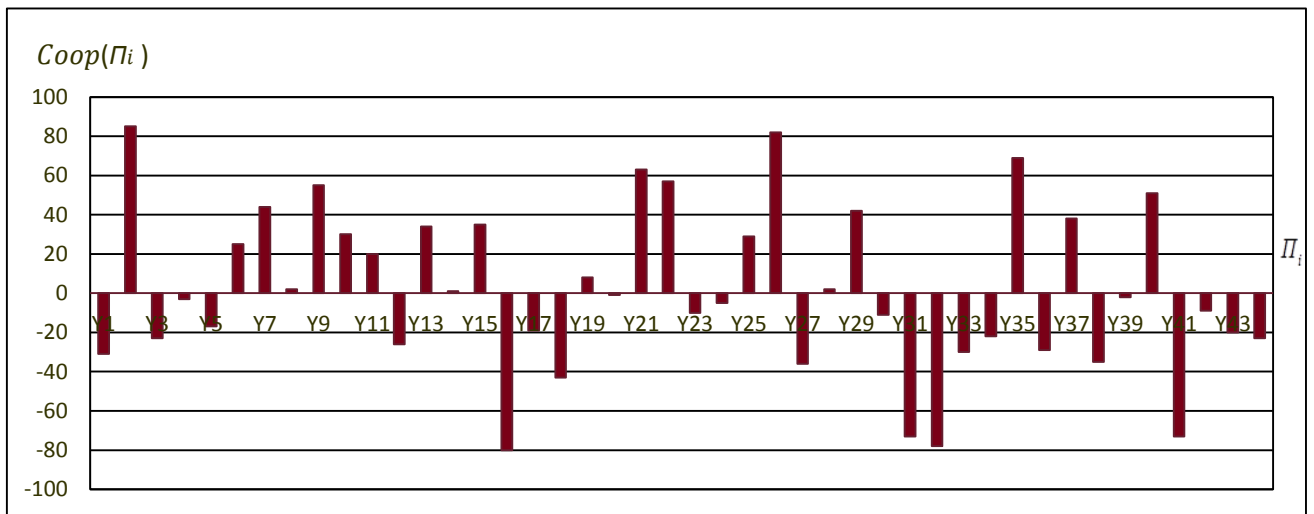


Рис. 4 – Графічне представлення ранжування за правилом Коппенда

Результати розрахунку за правилами Борда та Коппенда наведено в таблиці 3.

Отримані результати ранжування досліджуваних виробництв дозволили відобразити поточний стан охорони праці в галузі машинобудування, що дало можливість стимулювати керівництво до проведення корегуючих заходів з охорони праці.

Таблиця 3 – Порівняння результуючих значень за двома правилами ранжування

№ п/п	Розподіл за рівнем ефективності управління охороною праці виробництв у галузі машинобудування	
	Правило Борда	Правило Копленда
1	Волочиський машинобудівний завод ПАТ "Мотор Січ"	Волочиський машинобудівний завод ПАТ "Мотор Січ"
2	ПАТ "Крюківський вагонобудівний завод"	ПАТ "Крюківський вагонобудівний завод"
...	...	...
43	ПАТ "Харківський тракторний завод ім. С. Орджонікідзе"	ПАТ "Свеський насосний завод"
44	ПАТ "Роменський завод "Тракторозапчастина"	ПАТ "Новокраматорський машинобудівний завод"

Обґрунтовано та визначено оптимальну сукупність заходів з охорони праці, які дають максимально можливу ефективність за результатами використання наданих економічних ресурсів.

Розраховано ризик виробничого травматизму для 4 машинобудівних виробництв. Отримані результати розрахунку показали, що основну увагу для подальших досліджень потрібно приділити ПАТ "Роменський завод "Тракторозапчастина", оскільки ступінь ризику на даному виробництві високий.

У четвертому розділі обґрунтовано застосування системи управління охороною праці. Визначено принципи її функціонування. Сформульовано математичну детерміновану постановку задачі параметричного програмування вибору заходів з охорони праці для машинобудівних виробництв.

Вирішено задачу вибору заходів з охорони праці за допомогою методу цілочисельної покрокової оптимізації для 4 машинобудівних виробництв України.

Цільова функція має вигляд:

$$\begin{aligned}
 k_{\text{вт}} &= f_1(x_j) \rightarrow \min, \\
 k_{\text{нво}} &= f_2(x_j) \rightarrow \min, \\
 R_{\text{н}} &= f_3(x_j) \rightarrow \min,
 \end{aligned}
 \tag{7}$$

де  $k_{\text{вт}}$  – показник виробничого травматизму;  $k_{\text{нво}}$  – показник небезпечності виробничого обладнання;  $R_{\text{н}}$  – ризик травматизму на виробництві;  $f_1(x_j), f_2(x_j), f_3(x_j)$  – функції цілі для  $k_{\text{вт}}$ ,  $k_{\text{нво}}$ ,  $R_{\text{н}}$  відповідно.

Обмеження: за часом  $T_p \leq T_{\text{рік}} \leq 5760$  год, кількістю заходів  $n \leq n_3 \leq 15$  та наданими фінансовими ресурсами  $\phi(x_j) \geq F$ .

Обмеження моделі розрахунку має вигляд:

$$\sum_{j=1}^p A_j \cdot x_j + \sum_{j=1}^{n-p} a_j \cdot x_j \leq F, \quad (8)$$

$$x_j = \{0, 1\}; \quad j = \overline{1, n},$$

де  $n$  – загальна кількість вибраних заходів з охорони праці;  $p$  – кількість обов’язкових для впровадження заходів;  $A_j$  – витрати на обов’язковий  $j$ -ий захід з охорони праці;  $a_j$  – витрати фінансових ресурсів на реалізацію інших заходів з охорони праці;  $x_j$  – заходи з охорони праці;  $F$  – відомий виділений об’єм фінансових ресурсів.

Метою рішення задачі є вибір із сукупності заходів з охорони праці тих, які максимально зменшать показник виробничого травматизму  $k_{\text{вт}}$  та ризик виробничого травматизму  $R_n$  за умов виділених економічних ресурсів.

Враховуючи, що кількість заходів, які пропонуються до вибору більше числа тих, які будуть вибрані, можна ввести дискретні змінні  $x_j$ , які відповідають кожному вибраному заходу. При цьому ( $j = \overline{1, n}$ )

$$x_j = \begin{cases} 1, & \text{якщо } j\text{-ий захід вибирається для реалізації;} \\ 0, & \text{якщо } j\text{-ий захід не вибирається.} \end{cases}$$

Враховуючи результати проведених досліджень запропоновано наступні заходи з охорони праці на поточний звітний період моніторингу:

- $x_1$  – атестація робочих місць;
- $x_2$  – підготовка та здача екзамену з електробезпеки;
- $x_3$  – забезпечення всіх виробничих підрозділів інформаційними стендами з питань охорони праці;
- $x_4$  – виконання електрофізичних вимірів, проведення випробувань засобів захисту від ураження електричним струмом;
- $x_5$  – впровадження та оновлення всіх виробничих підрозділів знаками і плакатами безпеки, сигнальними стрічками;
- $x_6$  – проведення на підприємстві аудиту з охорони праці;
- $x_7$  – придбання комп’ютерної програми для навчання і перевірки знань з охорони праці;
- $x_8$  – удосконалення робочих місць зварювальників;
- $x_9$  – обладнання захисними засобами травмонебезпечних ділянок;
- $x_{10}$  – реконструкція виробничих приміщень;
- $x_{11}$  – підтримання необхідного рівня санітарії та медичне забезпечення (аптечки);
- $x_{12}$  – придбання, згідно розрахунку, первинних засобів пожежогасіння;

$x_{13}$  – придбання захисного одягу, взуття;

$x_{14}$  – замовлення та розробка нормативної документації щодо застосування засобів індивідуального захисту;

$x_{15}$  – проведення тренінгів щодо використання засобів індивідуального захисту, первинних засобів пожежогасіння.

Заходи  $x_1 - x_5$  є обов'язковими для впровадження.

Проведено поглиблений аналіз варіантів вибору заходів з охорони праці окремо для кожного з виробництв, які за результатами ранжування є «найкращими» та «найгіршими».

Удосконалено програмний алгоритм, розроблений в середовищі Microsoft Excel за допомогою макроса.

Адаптовано метод цілочисельної покрокової оптимізації для ПАТ "Роменський завод "Тракторозапчастина", бюджетні фінансові ресурси на охорону праці для даного підприємства складають 80000 грн. Враховуючи обмеження, модель розрахунку має наступний вигляд:

$$\phi_1(x_j) = 5000x_1 + 36000x_2 + 7950x_3 + 3000x_4 + 3500x_5 + 4000x_6 + 9800x_7 + 50000x_8 + 30000x_9 + 60000x_{10} + 2000x_{11} + 10500x_{12} + 40000x_{13} + 2700x_{14} + 7950x_{15} \leq 80000, \quad (9)$$

$$x_{1-5} \in 1, \quad x_{6-15} = \{0,1\}, \quad (10)$$

де  $\phi_1(x_j)$  – загальна вартість вибору заходів з охорони праці для ПАТ "Роменський завод "Тракторозапчастина", грн.

Головне вікно програми в середовищі Microsoft Excel наведене на рис. 5.

	A	B	C	D	E
1	<b>Назва проекту</b>	<b>Ціна проекту</b>		Мінімальна вибірка	5
2	<b>X1</b>	<b>36 000</b>		Максимальна вибірка	15
3	<b>X2</b>	<b>7 950</b>		Кількість проектів	15
4	<b>X3</b>	<b>5 000</b>			
5	<b>X4</b>	<b>3 000</b>		Виділений об'єм фінансових ресурсів	80 000,00
6	<b>X5</b>	<b>3 500</b>		Допустима похибка ±	500,00
7	X6	<b>4 000</b>		Усі можливі комбінації	30 827
8	X7	<b>9 800</b>			
9	X8	50 000		<b>Розрахунок</b>	
10	X9	60 000			
11	X10	30 000			
12	X11	2 000		<b>Варіанти можливих комбінацій проектів</b>	
13	X12	10 500		= 36000 + 10500 + 9800 + 7950 + 5000 + 3500 + 3000 + 2700 + 2000	80450
14	X13	40 000		= 36000 + 10500 + 7950 + 7950 + 5000 + 4000 + 3500 + 3000 + 2000	79900
15	X14	<b>2 700</b>		<b>= 36000 + 9800 + 7950 + 7950 + 5000 + 4000 + 3500 + 3000 + 2700</b>	<b>79900</b>
16	X15	<b>7 950</b>		= 36000 + 10500 + 9800 + 7950 + 5000 + 4000 + 3500 + 3000	79750

Рис. 5 – Головне вікно програми для ПАТ "Роменський завод "Тракторозапчастина"

Результати розрахунків для задачі параметричного програмування за допомогою методу цілочисельної покрокової оптимізації для ПАТ "Роменський завод "Тракторозапчастина" наведено на рис. 6 – 8 та табл. 4.



Рис. 6 – Покрокова оптимізація при зниженні показника виробничого травматизму



Рис. 7 – Покрокова оптимізація при зниженні ризику виробничого травматизму

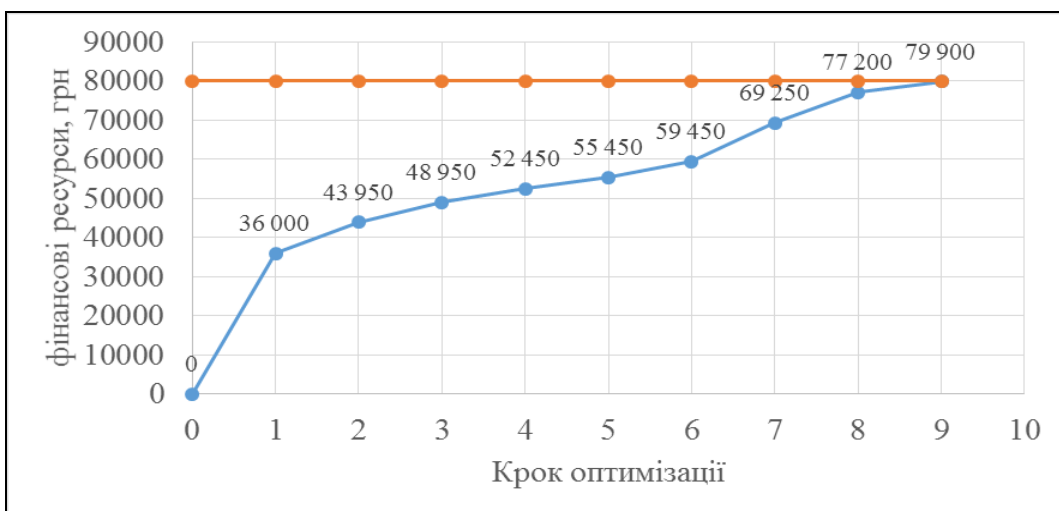


Рис. 8 – Результати цілочисельної покрокової оптимізації при наданих фінансових ресурсах



Методом цілочисельної покрокової оптимізації, враховуючи обмеження та відсоткову частку впливу кожної причини на показник виробничого травматизму, отримано наступний результат набору заходів з охорони праці для ПАТ "Роменський завод "Тракторозапчастина":

$$x_1 = 1, x_2 = 1, x_3 = 1, x_4 = 1, x_5 = 1, x_6 = 1, x_7 = 1, x_8 = 0, \\ x_9 = 0, x_{10} = 0, x_{11} = 0, x_{12} = 0, x_{13} = 0, x_{14} = 1, x_{15} = 1.$$

Таблиця 4 – Результати розрахунків для задачі параметричного програмування за допомогою методу цілочисельної покрокової оптимізації для ПАТ "Роменський завод "Тракторозапчастина"

№ заходу з ОП	Заходи з охорони праці, які плануються для вибору	Вартість впровадження заходу з ОП, грн
1	Атестація робочих місць	36 000
2	Підготовка та здача екзамену з електробезпеки	7 950
3	Забезпечення всіх виробничих підрозділів інформаційними стендами з питань охорони праці	5 000
4	Виконання електрофізичних вимірів, проведення випробувань засобів захисту від ураження електричним струмом	3 500
5	Впровадження та оновлення всіх виробничих підрозділів знаками і плакатами безпеки, сигнальними стрічками	3 000
6	Проведення інспекторського аудиту з охорони праці	4000
7	Придбання комп'ютерної програми для навчання і перевірки знань з охорони праці	9800
14	Замовлення і розробка нормативної документації щодо застосування засобів індивідуального захисту	2700
15	Проведення тренінгів щодо використання засобів індивідуального захисту, первинних засобів пожежогасіння	7950
	Загальна вартість	79900

Отримані результати відображають оптимальний розподіл бюджетних економічних ресурсів, за яких досягається максимально можливий ефект від вибору сукупності заходів з охорони праці, тобто мінімізується  $k_{\text{вт}}$  та  $R_{\text{н}}$ .

Реалізація системи управління охороною праці в галузі машинобудування направлена на аналіз та подальше впровадження заходів з охорони праці в умовах виділених економічних ресурсів.

Даний метод оптимізації може використовуватися і бути адаптований на всіх підприємствах України.



Рис. 8 – Алгоритм прийняття управлінських рішень на основі положень бенчмаркінгу

Виконано оцінку економічних результатів впровадження заходів з охорони праці з запобігання аварій, що зменшує збитки в середньому на 10 %.

За результатами дослідження розроблено методику бенчмаркінгу охорони праці, яка сприяє новим підходам до вирішення завдань управління охороною праці.

Методика розроблена на базі чинних нормативних документів. Наведено інформацію, яка необхідна для проведення бенчмаркінгу.

Розглянуто бар'єри та проблеми, що виникають під час впровадження бенчмаркінгу. До них відносяться: відсутність даних для порівняння виробництв; великі економічні витрати; приховування фактів виробничого травматизму; відсутність об'єктів для порівняння.

Розроблено алгоритм прийняття управлінських рішень на основі положень бенчмаркінгу (рис. 8), наведено аналіз і обґрунтування кожного з етапів.

## ВИСНОВКИ

Дисертаційна робота присвячена подальшому розробленню й удосконаленню моделей та засобів управління охороною праці в галузі машинобудування України.

Проведені наукові дослідження дали змогу отримати наступні основні результати та висновки.

1. Проаналізовано діючі нормативні документи України та директиви ЄС щодо функціонування системи управління охороною праці та визначено особливості їх впровадження в машинобудівній галузі. Встановлено, що незважаючи на тенденцію зниження виробничого травматизму в цілому по Україні, за останні 6 років щорічно на машинобудівних підприємствах в середньому травмовано 330 працівників, з них 20 – зі смертельними наслідками, а середнє значення показника виробничого травматизму становить 1,3.

2. Запропоновано спосіб вирішення актуального завдання – підвищення рівня ефективності управління охороною праці, який ґрунтується на методології бенчмаркінгу з використанням методу головних компонент, методу АВС-аналізу, закону Парето, правил ранжування Борда та Копленда. Математично доведено, що впровадження даної методології дає можливість зменшити показник виробничого травматизму на 20,1 %.

3. На основі методу експертних оцінок виокремлено дванадцять найбільш вагомих причин виробничого травматизму та встановлено їх рангову послідовність. За методом головних компонент визначено коефіцієнти кореляції між основними причинами виникнення нещасних випадків, що дало змогу формалізувати оптимізаційні розрахунки щодо заходів з охорони праці.

4. Визначено основні причини виникнення нещасних випадків на основі закону Парето та АВС-аналізу, серед яких: невиконання вимог інструкцій з охорони праці; незадовільний технічний стан виробничих об'єктів, будинків, споруд, території; невиконання посадових обов'язків; порушення вимог безпеки під час експлуатації транспортних засобів, устаткування, машин, механізмів тощо; порушення технологічного процесу. Встановлено їх послідовність за ступенем важливості.

5. Запропоновано впровадити коефіцієнт конкордації як критерій узгодженості результатів, який отримано за методами головних компонент і АВС-аналізу. Визначено, що коефіцієнт конкордації дорівнює 0,92, що свідчить про адекватність та ідентичність запропонованих методів.

6. Установлено, що показники виробничого травматизму, небезпечності виробничого обладнання, умов праці, небезпечності технологічних процесів, забезпечення засобами індивідуального захисту є найсуттєвішими. На основі статистичної інформації цих показників методами Борда і Копленда упорядковано 44 машинобудівні підприємства України, що дало змогу визначити їх рейтинг і безпосередньо впровадити методологію бенчмаркінгу.

7. Зіставлено результати методів головних компонент, АВС-аналізу, ранжування виробництв, що дало можливість розробити заходи зі зниження рівня виробничого травматизму та запобігти впровадженню неефективних заходів.

8. Удосконалено метод цілочисельної покрокової оптимізації на основі методу динамічного програмування з урахуванням обмежень і дискретності вихідної інформації. Цільова функція скерована на мінімізацію показників виробничого травматизму, небезпечності виробничого обладнання та ризику виробничого травматизму. Математично доведено, що впровадження методології бенчмаркінгу на ПАТ «Роменський завод «Тракторозапчастина» зменшить показник виробничого травматизму на 9,8 %, а високий ступінь ризику виробничого травматизму ( $4 \cdot 10^{-5}$ ) знизиться до середнього ( $1,2 \cdot 10^{-6}$ ).

9. Методику бенчмаркінгу та сформульовані практичні рекомендації з охорони праці було впроваджено на ПрАТ «АвтоКрАЗ», що дало можливість підвищити ефективність організаційних і управлінських рішень завдяки їх цільовій орієнтації.

## СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

*Статті у виданнях України, які включено до міжнародних наукометричних баз та входять до Переліку наукових фахових видань:*

1. О. С. Ільчук, В. П. Розен, "Індикативний аналіз рівня травматизму на виробництві", *Вісник Національного технічного університету України "Київський політехнічний університет". Серія «Гірництво»: збірник наукових праць*, № 26, с. 156-162, 2014. (BASE, WorldCat, Google Scholar, OpenAIRE, Research Bible, UIF, OAJI (Open Academic Journals Index)).

(Особистий внесок здобувача: аналіз показників впливу на виробничий травматизм).

2. О. С. Ільчук, "Бенчмаркінг охорони праці для машинобудівних виробництв України", *Вісник Національного технічного університету України "Київський політехнічний інститут". Серія "Гірництво": збірник наукових праць*, № 34, с. 60-65, 2017. (BASE, WorldCat, Google Scholar, OpenAIRE, Research Bible, UIF, OAJI (Open Academic Journals Index)).

3. О. Г. Левченко, О. С. Ільчук, "Математичне моделювання процесу оцінювання рівня ефективності управління охороною праці в галузі машинобудування", *Науковий журнал "Енергетика: економіка, технології, екологія"*, № 4, с. 170-175, 2017. (Google Scholar, Index Copernicus, WorldCat, BASE, OpenAIRE, PIIH, Джерело, URAN, Open Academic Journal Index (OAJI), Polska Bibliografia Naukowa, Research Bible, International Institute of Organized Research (I2OR), Academic Keys, General Impact Factor, Directory of Research Journals Indexing (DRJI), Scientific Indexing Services, Cosmos Impact Factor, Infobase Index, Real Time Impact Factor).

(Особистий внесок здобувача: ранжування машинобудівних виробництв, розроблення математичної моделі та матриці спостереження).

4. О. Г. Левченко, О. С. Ільчук, "Оптимальне управління розподілом та перерозподілом економічних ресурсів при виборі проектів з охорони праці для машинобудівних виробництв", *Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Серія "Механіко-технологічні системи та комплекси": збірник наукових*

праць, № 44(1266), с. 151-157, 2017. (*WorldCat, ResearchBib, Bielefeld Academic Search Engine (BASE), Scientific Indexing Services (SIS), General Impact Factor (GIF), Open Academic Journals Index (OAJI), Directory Indexing of International Research Journals, Ulrich's Periodicals Directory (New Jersey, USA)*)).

(*Особистий внесок здобувача*: формулювання математичної постановки задачі параметричного програмування вибору проектів з охорони праці для машинобудівних виробництв, удосконалення програмного алгоритму моделі вибору проектів з охорони праці, розробленого в середовищі Microsoft Excel за допомогою макроса).

5. Ільчук О. С. "Застосування методу цілочисельної покрокової оптимізації для зниження виробничого травматизму", *Наукові доповіді НУБіП України. Серія "Техніка та енергетика АПК"*: збірник наукових праць, № 3 (73), 2018. [Електронний ресурс]. Доступно: <http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Dopovidi/issue/view/421>. (*Google Scholar, Index Copernicus, BASE, eLIBRARY, AGRIS, SIS, ResearchBib, Ulrichsweb, РИНЦ, USJ, MIAR*).

*У інших науково-технічних виданнях:*

6. О. Г. Левченко, О. С. Ільчук, "Аналіз та оцінка стану виробничого травматизму в галузі машинобудування", *Вісник Національного технічного університету України "Київський політехнічний інститут". Серія "Гірництво"*: збірник наукових праць, № 30, с. 171-176, 2016.

(*Особистий внесок здобувача*: дослідження інформаційних джерел підходів до оцінювання травматизму на виробництві, аналізування статистичної інформації нещасних випадків).

7. О. Г. Левченко, О. С. Ільчук, "Застосування методу АВС-аналізу та закону Парето до аналізування виробничого травматизму в галузі машинобудування", *Проблеми охорони праці в Україні*, №33, с.74-79, 2017.

(*Особистий внесок здобувача*: практична реалізація методу АВС-аналізу та закону Парето, аналіз основних причин виробничого травматизму).

*Тези доповідей на науково-практичних конференціях:*

8. Л. О. Мітюк, О. Ю. Арламов, О. С. Ільчук, "Динаміка виробничого травматизму в Україні за 2012 рік", *Збірка тез доповідей XVI Міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих учених «Екологія. Людина. Суспільство»*, Київ, 2013, с.193.

(*Особистий внесок здобувача*: систематизація та аналіз подій і причин нещасних випадків на виробництві, що призвели до смертельних і тяжких наслідків).

9. Л. О. Мітюк, О. С. Ільчук, Н. А. Родюк, "Аналіз виробничого травматизму в Україні за 2013 рік", *Збірка тез доповідей XVII Міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих учених "Екологія. Людина. Суспільство"*, Київ, 2014, с. 148.

(*Особистий внесок здобувача*: розподіл потерпілих за причинами нещасних випадків).

10. Л. О. Мітюк, О. С. Ільчук, Т. М. Таїрова, Ю. О. Хомуйло, І. Ю. Жук, "Стан виробничого травматизму в Україні за 2014 рік", *Проблеми охорони праці, промислової та цивільної безпеки: Збірник матеріалів Дванадцятій Всеукраїнської науково-методичної конференції*, Київ, 2015, с. 274-277.

(Особистий внесок здобувача: узагальнення та аналіз даних за звітами органів Держгірпромнагляду про стан безпеки праці на виробництві).

11. Л. О. Мітюк, О. С. Ільчук, О. О. Блонський, В. О. Кузьмін, "Динаміка виробничого травматизму в Україні за 2014 рік", *Збірка тез доповідей XVIII Міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих учених "Екологія. Людина. Суспільство"*, Київ, 2015, с. 176.

(Особистий внесок здобувача: систематизація та аналіз подій і причин нещасних випадків на виробництві, що призвели до смертельних і тяжких наслідків).

12. О. С. Ільчук, О. В. Солнцев, "Обґрунтування раціональності імплементації директиви 2009/104/ЄС в дійсне законодавство України", *Проблеми охорони праці, промислової та цивільної безпеки: Збірник матеріалів Тринадцятій Всеукраїнської науково-методичної конференції*, Київ, 2015, с. 117-120.

(Особистий внесок здобувача: порівняння окермих пунктів Директиви №2009/104/ЄС та Постанови Кабінету Міністрів України від 26 травня 2004 року № 687, що розроблена відповідно до статті 21 Закону України "Про охорону праці").

13. Л. О. Мітюк, О. С. Ільчук, Б. Ю. Бондар, "Динаміка виробничого травматизму в Україні за 2015 рік", *Матеріали XIX Міжнародної науково-практичної конференції "Екологія. Людина. Суспільство"*, Київ, 2016, с. 151.

(Особистий внесок здобувача: систематизація та аналіз подій і причин нещасних випадків на виробництві, що призвели до смертельних і тяжких наслідків).

14. О. С. Ільчук, "Використання методу головних компонент у дослідженні виробничого травматизму України", *VII міжнародна науково-технічна конференція "Енергетика. Екологія. Людина". Наукові праці НТУУ "КПІ"*, Київ, 2016, с. 342-349.

15. Ю. В. Міхеєв, О. С. Ільчук, О. В. Божок, Ю. О. Хомуйло, "Концептуальні основи безпеки трудового процесу об'єкта господарської діяльності по критерію трудового збитку", *Проблеми охорони праці, промислової та цивільної безпеки: Збірник матеріалів Чотирнадцятій Всеукраїнської науково-методичної конференції*, Київ, 2016, с. 299-303.

(Особистий внесок здобувача: аналіз сумарних втрат, пов'язаних з виробничою діяльністю виробничого персоналу).

16. О. С. Ільчук, Д. А. Комаров, "Захист працівників штампувальних цехів від шкідливого впливу шуму", *Проблеми охорони праці, промислової та цивільної безпеки: Збірник матеріалів П'ятнадцятій Всеукраїнської науково-методичної конференції*, Київ, 2016, с. 100-103.

(Особистий внесок здобувача: розроблення технічних рішень боротьби з шумом).

17. О. Г. Левченко, О. С. Ільчук, "Проблеми виробничого травматизму в галузі машинобудування", *Інноваційний розвиток гірничодобувної галузі: Зб. мат.*

*міжнар. наук.-техн. інтернет-конференції, Кривий Ріг, 2016, с. 172.*

(*Особистий внесок здобувача: аналіз умов праці на машинобудівному виробництві*).

18. О. Г. Левченко, О. С. Ільчук, "Поняття рейтингової оцінки та ранжування ефективності управління охороною праці на виробництві в галузі машинобудування", *Проблеми охорони праці, промислової та цивільної безпеки: Зб. мат. Шістнадцятої Всеукраїнської наук.-метод. конф.*, Київ, 2017, с. 170-173.

(*Особистий внесок здобувача: діагностика стану рівня ефективності управління охороною праці з використанням рейтингу виробництв*).

19. О. Г. Левченко, О. С. Ільчук, "Оцінювання ефективності управління охороною праці з використанням правил ранжування за показниками впливу на рівень їх виробничого травматизму", *Актуальні питання сучасної науки (Частина II): Мат. III Міжнар. наук.-практ. конф.*, Київ, 2017, с. 41-43.

(*Особистий внесок здобувача: складання алгоритму проведення ранжування виробництв*).

20. О. Г. Левченко, О. С. Ільчук, "Аналіз задач ефективності управління охороною праці на виробництві", *Енергетика. Екологія. Людина: Зб. наук. праць IX міжнар. наук.-техн. конф. Інституту енергозбереження та енергоменеджменту КПІ ім. Ігоря Сікорського*, Київ, 2017, с. 268-273.

(*Особистий внесок здобувача: структурна схема задач з підвищення рівня ефективності управління охороною праці на виробництві в умовах комплексного підходу*).

21. О. Г. Левченко, О. С. Ільчук, "Формування принципів побудови рейтингу рівня виробничого травматизму в галузі машинобудування", *Інноваційний розвиток гірничодобувної галузі: Зб. мат. II міжнар. наук.-техн. інтернет-конференції*, Київ, 2017, с. 194.

(*Особистий внесок здобувача: виділення основних складих оцінювання травматизму з використанням рейтингу та визначення його можливості відносно аналізу стану виробничого травматизму в галузі машинобудування*).

22. О. Г. Левченко, О. С. Ільчук, "Оцінка економічних результатів впровадження заходів з охорони праці по запобіганню аварій на машинобудівних підприємствах", *Потенціал сучасної науки (Частина I): Мат. II Міжнар. наук.-практ. конф.*, Київ, 2017, с. 34.

(*Особистий внесок здобувача: аналізування методик визначення соціально-економічної ефективності від впровадження заходів з охорони праці зарубіжних і вітчизняних вчених*).

*Свідоцтва про реєстрацію авторського права:*

1. О. С. Ільчук, "Бенчмаркінг охорони праці в галузі машинобудування", № 73525, 21.08.2017.

2. О. Г. Левченко, О. С. Ільчук, "Методика бенчмаркінгу охорони праці", № 78323, 13.04.2018.

## АНОТАЦІЯ

*Ильчук О.С.* Підвищення рівня ефективності управління охороною праці на машинобудівному виробництві методами бенчмаркінгу. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.26.01 «Охорона праці». – ДУ «Національний науково-дослідний інститут промислової безпеки та охорони праці», Київ, 2018.

Дисертацію присвячено підвищенню рівня ефективності управління охороною праці на машинобудівному виробництві.

Для виділення найбільш значущих причини виробничого травматизму в галузі машинобудування використано метод головних компонент, *ABC*-аналіз.

Розроблено та застосовано модель рейтингового оцінювання рівня стану охорони праці в галузі машинобудування шляхом застосування правил ранжування.

Сформульовано механізм розроблення та вибору заходів з охорони праці для машинобудівних виробництв, що забезпечує оптимальне управління розподілом економічних ресурсів, шляхом застосування математичного інструментарію параметричного програмування і дозволяє підвищити рівень ефективності управління охороною праці завдяки цільовій орієнтації.

Розроблено та наведено методику бенчмаркінгу охорони праці, яка сприяє новим підходам до вирішення завдань управління охороною праці.

**Ключові слова:** охорона праці, бенчмаркінг, виробничий травматизм, машинобудування, метод головних компонент, *ABC*-аналіз, ранжування, ефективність управління.

## АНОТАЦІЯ

*Ильчук О.С.* Повышение уровня эффективности управления охраной труда на машиностроительном производстве методами бенчмаркинга. – На правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.26.01 «Охрана труда». – ГУ «Национальный научно-исследовательский институт промышленной безопасности и охраны труда», Киев, 2018.

Диссертация посвящена повышению уровня эффективности управления охраной труда на машиностроительном производстве.

Для выделения наиболее значимых причин производственного травматизма в отрасли машиностроения использован метод главных компонент, *ABC*-анализ.

Разработана и применена модель рейтинговой оценки уровня состояния охраны труда в машиностроении путем применения правил ранжирования.

Сформулирован механизм разработки и выбора мероприятий по охране труда для машиностроительных производств, который обеспечивает оптимальное управление распределением экономических ресурсов, путем применения математического инструментария параметрического программирования и позволяет



повысить уровень эффективности управления охраной труда благодаря целевой ориентации.

Разработана и приведена методика бенчмаркинга охраны труда, которая способствует новым подходам к решению задач управления охраной труда.

**Ключевые слова:** охрана труда, бенчмаркинг, производственный травматизм, машиностроения, метод главных компонент, ABC-анализ, ранжирование, эффективность управления.

## ABSTRACT

*Ilchuk O. S.* Improvement of the level of management of labor protection in machine-engineering by methods of benchmarking. – The manuscript.

The dissertation for obtaining the scientific degree of the candidate of technical sciences in specialty 05.26.01 «Labour protection». – National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute» – The National scientific and research institute of industrial safety and labour protection, Kyiv, 2018

The dissertation is devoted to the solution of the actual scientific problem – to increase the level of effectiveness of the management of labor protection in the machine-engineering industry with the use of mathematical modeling methods, which enable the optimal selection of projects on occupational safety in the framework of the proposed models.

To identify the most significant causes of occupational injuries in the field of machine-engineering by financing the projects of occupational safety, which are most needed to reduce the rate of occupational injuries and simultaneously reduce the cost of other projects by eliminating unnecessary functions and types of work applied two approaches. The first approach is based on expert analysis (for the preliminary analysis, expert-statistical selection was used, and the final selection and grouping of the factors was done by the method of the main components), the second – on the statistical data (ABC-analysis).

It is proposed to introduce the coefficient of concordance as a criterion of consistency of the results, which was obtained by the methods of the main components and ABC-analysis. It is determined that the coefficient of concordance is equal to 0.92, which testifies to the adequacy and identity of the proposed methods.

It has been determined that the indices of occupational injuries, the danger of production equipment, working conditions, the danger of technological processes, and the provision of personal protective equipment are the most significant.

Based on the statistical information of these indicators by Borda and Copland methods, 44 machine-engineering enterprises of Ukraine were ordered, which made it possible to determine their rating and directly implement the methodology of benchmarking.

Taking into the results of the methods of the main components, the ABC-analysis and rankings of machine-engineering industries, a list of occupational safety measures has been set up to reduce occupational injuries in the field of machine-engineering, for which funding needs to be made to achieve the goal.

The analysis of the safety of the labor process of machine - engineering production by the criterion of labor losses has been analyzed, which made it possible to analyze the total losses associated with the production activity of the production personnel and the loss from disability.

The method of integer step-by-step optimization has been improved and adapted, which gives the opportunity to choose the optimal set of annual implementation of occupational safety measures, taking into account the provided economic resources. Target function is aimed at minimizing the rates of occupational injuries and hazardous production equipment.

The in-depth analysis of the options for choosing occupational safety and health measures has been carried out for each of the productions that, according to the rating, are "best" and "worst". It was determined that the implementation of the benchmarking methodology at "Romenskyi zavod "Traktorozapchastyna" will reduce the rate of occupational injuries by 9.8%.

It is established that this research will increase the level of efficiency of management of labor protection in machine-engineering production by 20,1%.

Based on the provisions of benchmarking in relation to the management system, a methodology has been developed that provides an optimal choice of projects, complements and improvements to the system of management of labor protection, expansion of its functional capabilities in order to improve the task of distributing economic resources in machine-engineering industries. The stages of the methodology of benchmarking of labor protection are developed, the analysis and justification of each of them is given.

Scientific novelty of the obtained results:

- the approach of benchmarking to the requirements of labor protection was first adapted, which made it possible to supplement and improve the system of management of labor protection, to expand its functional capabilities in the field of machine-engineering;
- for the first time a mathematical model of machine - engineering industry ranking was obtained based on Borda and Copland methods, which made it possible to increase the accuracy of evaluation and decision making in the field of occupational safety and health to reduce the level of occupational injuries;
- the method of integer step-by-step optimization was improved and adapted, which gives the opportunity to choose the optimal set of annual implementation of occupational safety measures, taking into account the provided economic resources;
- the method of expert assessments, the use of the Ishikawa chart, was further developed, which made it possible to analyze and evaluate the indicators, causes of occupational injuries, which affect the effectiveness of labor protection management in the field of machine - engineering, and differ from existing multidimensional statistical analysis.

Developed measures and practical recommendations for labor protection have been implemented at the Company "AvtoKrAZ".

**Keywords:** labor protection, benchmarking, occupational injuries, machine-engineering, main component method, ABC-analysis, ranking, management efficiency, integrated stepwise optimization method.