

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНА СЛУЖБА ГІРНИЧОГО НАГЛЯДУ
ТА ПРОМИСЛОВОЇ БЕЗПЕКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНА УСТАНОВА «НАЦІОНАЛЬНИЙ НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ
ІНСТИТУТ ПРОМИСЛОВОЇ БЕЗПЕКИ ТА ОХОРОНИ ПРАЦІ»

ЄВТУШЕНКО ОЛЬГА ВОЛОДИМИРІВНА



УДК 331.46:614.82

**ПІДВИЩЕННЯ РІВНЯ БЕЗПЕКИ ПРАЦІ
НА ПІДПРИЄМСТВАХ ХАРЧОВОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ НА ОСНОВІ
ПРОГНОЗУВАННЯ РИЗИКІВ ТРАВМУВАННЯ**

Спеціальність 05.26.01 – охорона праці

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Київ – 2014

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Національному університеті харчових технологій Міністерства освіти і науки, м. Київ.

Науковий керівник: доктор технічних наук, старший науковий співробітник
Водяник Анатолій Омелянович,
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут»,
професор кафедри інженерної екології.

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, старший науковий співробітник
Кружилко Олег Євгенович,
ДУ «Національний науково-дослідний інститут
промислової безпеки та охорони праці», завідувач
науково-дослідного відділу інформаційних технологій;

доктор технічних наук, професор
Гогіташвілі Георгій Григорович,
Національний університет «Львівська політехніка»,
професор кафедри охорони праці.

Захист відбудеться "27" 02 2014 р. о 10 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради К 26.802.01 при ДУ «Національний науково-дослідний інститут промислової безпеки та охорони праці» за адресою: 04060, м. Київ, вул. Вавілових, 13.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці ДУ «Національний науково-дослідний інститут промислової безпеки та охорони праці» за адресою: 04060, м. Київ, вул. Вавілових, 13.

Автореферат розісланий "24" 01 2014 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради,
кандидат технічних наук



М.О. Лисюк

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Сучасний стан охорони праці в харчовій промисловості України, незважаючи на збільшення фінансування працезохоронних заходів та покращання наглядової діяльності, не можна вважати задовільним. Тільки за період з 2003 по 2012 роки травми отримали 9530 працівників харчової галузі, з яких 599 – зі смертельним наслідком.

На більшості сучасних харчових підприємств України технологічне устаткування морально застаріло і фізично виробило 1,5–2,5 строку служби. Більше 50% працівників працюють в умовах, які не відповідають вимогам норм і правил охорони праці. На більшості робочих місць харчових підприємств наявні підвищені рівні шуму та вібрації, не відповідають вимогам мікрокліматичні параметри, показники штучної і природної освітленості. Обов'язкові медичні огляди часто проводяться не в повному обсязі і лише формально. Наслідком цього є значний рівень травматизму та професійних захворювань, систематичне виникнення нещасних випадків з тяжкими та смертельними наслідками.

Підвищення рівня безпеки виробництва пов'язано зі значними витратами на його переоснащення, перенавчання персоналу, впровадження сучасних систем управління виробництвом. У такому випадку виникає *протиріччя*, пов'язане, з одного боку, з необхідністю підвищення рівня безпеки праці, що неодмінно призводить до збільшення витрат та здорожчання собівартості продукції, а, з іншого – зменшення виробничих витрат, може призвести до збільшення виробничого травматизму.

Значний внесок у вирішення проблеми безпеки виробничих процесів внесли вітчизняні та закордонні вчені: О.І. Амоша, Р. Андерсон, П.Г. Белов, П.В. Бересневич, Б.О. Білінський, Ю.Ф. Булгаков, Г. Вилде, А.О. Водяник, А.Р. Гале, В.А. Глива, Г.Г. Гогіташвілі, В.І. Голінько, А.О. Гурін, О.І. Запорожець, У. Келен, Ф.С. Клебанов, В.І. Козлов, О.М. Костенко, О.Є. Кружилко, О.Є. Лапшин, О.Г. Левченко, Г.В. Лесенко, Г.Г. Лесенко, М.О. Лисюк, Н.А. Праховнік, І.М. Подобед, А. Райф, Н.В. Ступницька, К.Н. Ткачук, А.М. Фебер, С.В. Шапошнікова, М.І. Швидкий та ін.

Разом з тим, за наявності великої кількості наукових джерел, що розглядають питання організації безпеки праці і запобігання травматизму в різних галузях промисловості України, більшість з них мало піднімають питання комплексного підвищення безпеки праці та аналізу виробничого травматизму в харчовій промисловості.

Одним з перспективних наукових напрямків підвищення загального рівня безпеки виробництва є прогнозування ризиків виробничого травматизму, безпосередньо пов'язаного з процесом виробництва та створення умов уникнення травматизму на основі таких прогнозів. Аналіз існуючих методів прогнозування ризиків дає змогу зробити висновок про необхідність удосконалення більшості з них, з ме-

тою пристосування до особливостей підприємств харчової промисловості та комплексного оцінювання ризиків виробничого травматизму на підприємстві.

Таким чином, вирішенню підлягає актуальне науково-прикладне завдання щодо створення методики підвищення рівня безпеки праці на підприємствах харчової промисловості на основі прогнозування ризиків виробничого травматизму.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота виконана відповідно до положень Загальнодержавної соціальної програми поліпшення стану безпеки, гігієни праці та виробничого середовища на 2014 – 2018 роки, затвердженої Законом України від 4 квітня 2013 р. № 178-IV.

Роботу виконано відповідно до плану наукової та науково-технічної діяльності Національного університету харчових технологій у рамках Держбюджетної науково-дослідної роботи: № ДР 0112U004888 від 27.09.2012 р. “Аналіз виробничого травматизму на підприємствах харчової промисловості. Формування і ведення бази даних про нещасні випадки на підприємстві”, де автором проведено аналіз нещасних випадків, визначено причинно-наслідкові зв'язки, встановлено закономірності впливу джерел і обставин на стан виробничого травматизму, а також запропоновані рекомендації з вдосконалення системи управління охороною праці на підприємствах харчової промисловості.

Мета і завдання дослідження.

Мета дослідження – підвищення ефективності профілактики виробничого травматизму на підприємствах харчової промисловості за рахунок оперативного прогнозування ризиків травмування.

Для досягнення поставленої мети визначені наступні завдання дослідження:

1. Проведення статистичного аналізу нещасних випадків на підприємствах харчової промисловості.
2. Розроблення методів дослідження причинно-наслідкових зв'язків, характерних для процесів травмування на підприємствах харчової промисловості.
3. Удосконалення методів прогнозування ризиків виробничого травматизму.
4. Дослідження причинно-наслідкових зв'язків, що призводять до травмування на підприємствах харчової промисловості та впливу на них профілактичних заходів.
5. Розроблення алгоритмів функціонування інформаційно-аналітичної системи для оперативного аналізу стану умов праці на підприємстві, визначення раціональних напрямків профілактики виробничого травматизму та обґрунтування організаційних заходів з охорони праці.

Об'єкт дослідження – явище виробничого травматизму на підприємствах харчової промисловості.

Предмет дослідження – методи прогнозування ризиків виробничого травматизму на підприємствах харчової промисловості.

Методи дослідження – під час проведення досліджень у роботі застосовано: метод статистичного аналізу нещасних випадків, які виникли на підприємствах харчової промисловості за період з 2003 по 2011 роки для визначення загальних тенденцій щодо травматизму у харчовій промисловості; методи регресійного аналізу для оцінки причинно-наслідкових зв'язків, характерних для процесів травмування на підприємствах харчової промисловості; метод головних компонент для визначення основних чинників травмування працівників галузі та прогнозування ризиків травматизму; метод експертних оцінок для удосконалення методу прогнозування ризиків травматизму; метод апріорного ранжирування факторів при обробці результатів експертних оцінок.

Крім того, під час роботи над дисертацію враховано досвід аналізу нещасних випадків на підприємствах різноманітних галузей, як в Україні так і за кордоном.

Наукова новизна одержаних результатів полягає в тому, що у дисертаційній роботі:

вперше розроблено загальну модель ризику виробничого травматизму на підприємстві харчової промисловості, яка базується на комплексному врахуванні впливу на травматизм усього спектру виробничих і соціально-економічних чинників та будується на основі схеми виникнення нещасного випадку, у якій кожен факт нещасного випадку пов'язується з передумовою його виникнення. Зазначений підхід, на підставі даних з форм обов'язкової щорічної звітності, дозволяє здійснювати аналіз безпосередніх причинно-наслідкових зв'язків, що мають місце у процесі травмування та виявляти як основні, так і приховані причини виробничого травматизму, а також види подій, що призводять до нещасного випадку;

удосконалено комбінований метод регресійного аналізу на головних компонентах, який, на відміну від існуючого, додатково включає результати уточнення основних факторів впливу на основі методу експертного оцінювання, що дає змогу застосовувати його для прогнозування ризиків травматизму у випадку значної корельованості вихідних статистичних даних та поганої обумовленості системи нормальних рівнянь при визначенні коефіцієнтів регресії, а також у випадку наявності похибок при визначенні вихідних показників та зміщенні оцінок травматизму;

набули подальшого розвитку методи управління охороною праці на основі поєднання статистичного аналізу, експертного оцінювання з ранжуванням факторів та комбінованого прогнозування ризиків виробничого травматизму з реалізацією алгоритму формування пропозицій по поліпшенню умов праці на підприємствах харчової промисловості, що дозволяє на основі об'єктивного прогнозування ризиків готувати проекти управлінських рішень щодо забезпечення безпечних умов праці робітників харчової промисловості.

Практичне значення одержаних результатів полягає у тому, що у роботі:

розроблено алгоритм функціонування програмного комплексу для моніторингу та аналізу причин і обставин, що призводять до виробничого травматизму на підприємствах харчової промисловості;

розроблено алгоритм функціонування програмного комплексу для формування інформаційного забезпечення навчання персоналу з актуальних питань охорони праці та контролю знань працівників підприємств харчової промисловості у цій сфері;

розроблено рекомендації, що забезпечують об'єктивний та адекватний аналіз причин і обставин, які призводять до травмування працівника на конкретному робочому місці та визначення комплексу найбільш доцільних протитравматичних заходів.

Результати дисертаційного дослідження, що стосуються методів аналізу та профілактики виробничого травматизму а також програмного забезпечення “Контроль знань з охорони праці виробничого персоналу“, “Analysis_of_accidents 1.0“ щодо обліку та аналізу нещасних випадків на виробництві, використовуються в навчальному процесі у Національному університеті харчових технологій при викладанні дисципліни “Основи охорони праці“.

Результати досліджень впроваджені у виробничій діяльності СУПП “Контекст” (акт від 12.09.2013 р., м. Сквиря, Київської обл.), ДП “Хлібокомбінат №12” (акт від 16.04.2013 р., м. Київ), ТОВ “Іллінецький цукровий завод” (акт від 21.02.2013 р., м. Іллінці, Вінницької обл.), ТОВ “Сосновський продукт” (акт від 25.09.2012 р., м. Київ) та у навчальному процесі Національного університету харчових технологій (акт від 9.02.2011 р., м. Київ).

Особистий внесок здобувача. Основні наукові результати одержані здобувачем особисто і опубліковані у роботах [1–22]. У роботах, опублікованих у співавторстві, автору належить: у [2] визначено динаміку зміни статистичних показників виробничого травматизму у харчовій промисловості України; у [3] досліджено причини виникнення виробничого травматизму з тяжкими наслідками для харчової промисловості України; у [4] наведено технічний проект комп'ютерної програми обліку та аналізу нещасних випадків на виробництві; у [5] досліджено причини виникнення виробничого травматизму для м'ясопереробної промисловості України; у [6] наведено методику обґрунтування рекомендацій щодо підвищення рівня безпеки праці на підприємствах харчової промисловості; у [7] визначено причинно-наслідкові зв'язки виробничого травматизму; у [8] розглянуто удосконалення методу головних компонент на основі експертного оцінювання; у [9] досліджено розподіл травматизму за професіями на підприємствах м'ясопереробної промисловості України; у [11] надано рекомендації щодо створення безпечних умов праці виробничого персоналу підприємств харчової промисловості; у [12] запропоновано методику комплексної оцінки стану охорони праці на робочому мі-

сці підприємств харчової промисловості; у [13] обґрунтовано метод прогнозування ризику травматизму на основі комбінованого поєднання методу головних компонент з методом експертного оцінювання; у [17] розглянуто статистику виробничого травматизму у харчовій промисловості України; у [20] запропоновано методику оцінки впливу профілактичних заходів на ризики травмування на виробництві; у [21] запропоновано технічний проект щодо побудови комп'ютерної програми обліку нещасних випадків на виробництві; у [22] запропоновано технічний проект щодо побудови комп'ютерної програми з контролю знань з охорони праці.

Апробація результатів дисертації. Основні результати роботи доповідались та отримали позитивну оцінку на: Міжнародній науково-методичній конференції „Bezpečnost” академії збройних сил республіки Словаччина імені генерала Стефаніка, 2012 [13]; 78-й міжнародній науковій конференції молодих учених, аспірантів і студентів “Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті”, Київ, 2012 р. [14]; Міжнародній науково-практичній конференції “Технические науки - от теории к практике”, Росія, м. Новосибірськ, 2012 р. [15]; Першій науково-практичній конференції “Технические науки: современные проблемы и перспективы развития”, Росія, м. Йошкар-Ола, 2013 р. [16]; Другому північносхідному європейському конгресі харчових технологій, Київ, 2013 р. [17]; XIV Всеросійській науково-практичній конференції “Сучасне хлібопекарське виробництво: перспективи розвитку”, Росія, м. Єкатеринбург, 2013 р. [18]; Всеукраїнській науково-методичній конференції “Культура безпеки – запорука сталого розвитку суспільства”, Миколаїв, 2013 р. [19]; 79-й Міжнародній науковій конференції молодих учених, аспірантів і студентів “Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті”, Київ, 2013 р. [20].

Публікації. За темою дисертації опубліковано 12 наукових статей [1–12] у фахових наукових виданнях України та за кордоном. Додатково результати дисертації опубліковано у збірниках тез доповідей 8-ми науково-технічних конференцій і семінарів [13–20] та у 2-х свідоцтвах про реєстрацію авторського права на твір [21–22].

Структура і обсяг дисертації. Дисертація загальним обсягом 223 сторінок машинописного тексту складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, переліку використаних джерел і додатків. Дисертація містить 28 рисунків (з них тих, що займають повну сторінку – 4), 36 таблиць (з них тих, що займають повну сторінку – 16), 133 найменування використаних джерел на 15 сторінках, 3 додатки на 28 сторінках.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ

У першому розділі “Аналіз стану виробничого травматизму на підприємствах харчової промисловості” здійснено аналіз статистики виробничого травматизму на підприємствах харчової промисловості України за 2003–2012 р.р., проаналізовано існуючі методи прогнозування травматизму та здійснено постановку завдань дослідження.

Процес удосконалення функціонування системи управління охороною праці (СУОП) вимагає раціональної організації і чіткої взаємодії спеціалістів та керівників усіх структурних підрозділів підприємства, а також ефективної взаємодії з галузю, відповідними державними органами. Важливою функцією управління охороною праці є аналіз та прогноз показників стану охорони праці. Таким чином, виникає питання, як сформувати СУОП, яка б комплексно розглядала питання безпеки праці на підприємствах харчової промисловості з урахуванням майбутнього її стану.

Ситуація прийняття рішення в СУОП зі зниження рівня виробничого травматизму визначається кортежем $\{X, Y, Q, R, Z, S, E, C, T\}$, де X – множина інформаційних даних, що використовуються при формуванні управлінських рішень; Y – множина показників, за якими оцінюється рівень виробничого травматизму; Q – множина управлінських рішень, припустимих у рамках визначеного типу задачі; R – формалізоване правило вибору управлінського рішення з множини можливих; Z – множина обмежень; S – множина можливих станів зовнішнього середовища; E – множина очікуваних результатів реалізації альтернативних управлінських рішень; C – вартість заходів щодо запобігання травматизму; T – фактор часу.

Результати виконання управлінського рішення в інтервалі часу $t + \Delta t$ залежать від значень множини показників, за якими оцінюється стан охорони праці в попередньому інтервалі часу та прийнятого управлінського рішення:

$$Y^{t+\Delta t} = f(\{X^{t-n\Delta t}; X^t\} | Z, S^t, Q, C). \quad (1)$$

Одним з перспективних наукових напрямків підвищення загального рівня безпеки виробництва є прогнозування ризиків виробничого травматизму $Y^{t+\Delta t}$, та створення умов уникнення травматизму на основі таких прогнозів. Управління охороною праці спрямоване на мінімізацію ризиків. Математичний вираз вибору оптимального рішення з множини можливих:

$$q_{opt} = q_j : y_j^{t+\Delta t} = \min_i (y_i^{t+\Delta t}), y_j^{t+\Delta t} \leq y_{\Gamma}^{t+\Delta t}, C_j \leq C_{\Gamma} \quad (2)$$

де q_{opt} – оптимальне управлінське рішення; $y_j^{t+\Delta t}$, $y_\Gamma^{t+\Delta t}$ – відповідно прогнозоване та граничне (планове) значення показника травматизму в момент $t + \Delta t$; C_j, C_Γ – відповідно прогнозовані та граничні (припустимі) витрати на реалізацію заходів щодо попередження травматизму. Значення $y_j^{t+\Delta t}$, $y_\Gamma^{t+\Delta t}$ і визначатимуть ступінь ризику виробничого травматизму на підприємстві.

Аналіз існуючих методів прогнозування ризиків дає змогу зробити висновок про необхідність їх удосконалення, з метою пристосування до особливостей підприємств харчової промисловості та комплексного оцінювання ризиків виробничого травматизму на підприємстві, що і визначає необхідність вирішення актуального науково-прикладного завдання щодо *створення методики підвищення рівня безпеки праці на підприємствах харчової промисловості на основі прогнозування ризиків виробничого травматизму*.

У другому розділі “Удосконалення методів прогнозування ризиків виробничого травматизму на підприємствах харчової промисловості” розроблено загальну модель ризику та метод визначення причинно-наслідкових зв’язків явища виробничого травматизму, удосконалено методи управління охороною праці на основі комбінованого прогнозування ризиків.

У загальному випадку ризик виробничого травматизму можна визначити як:

$$R = \sum_{i=1}^n S_i P_i, \quad (3)$$

де S_i – наслідки нещасного випадку; P_i – ймовірність (частота) нещасного випадку; n – кількість нещасних випадків.

Для аналізу безпосередніх причинно-наслідкових зв’язків, що мають місце в процесі травмування, у дисертації використана схема виникнення нещасного випадку, що відображається статистичними даними про безпосередні причини виробничого травматизму (рис. 1).

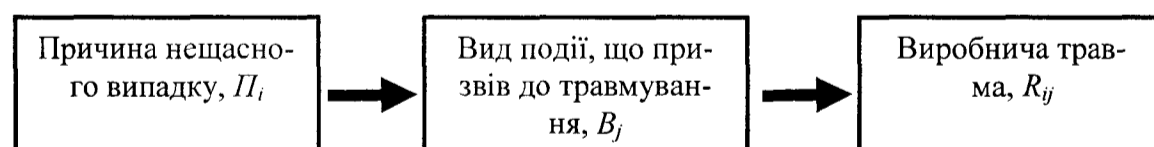


Рис. 1. Схема виникнення нещасного випадку, що відображається статистичними даними про безпосередні причини виробничого травматизму

Для розрахунку умовної ймовірності використовується формула Байєса

$$P_{\Pi_i}(B_j) = \frac{P(B_j)P(\Pi_i)}{\sum_{i=1}^n P(\Pi_i)}. \quad (4)$$

За формулою (4) виконуються розрахунки матриці ризиків травмування на виробництві:

$$R_{ij} = \begin{bmatrix} R_{\Pi_1 B_1} & R_{\Pi_2 B_1} & \cdots & R_{\Pi_{16} B_1} \\ R_{\Pi_1 B_2} & R_{\Pi_2 B_2} & \cdots & R_{\Pi_{16} B_2} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ R_{\Pi_1 B_{15}} & R_{\Pi_2 B_{15}} & \cdots & R_{\Pi_{16} B_{15}} \end{bmatrix}, \quad (5)$$

де $R_{\Pi_1 B_1}, \dots, R_{\Pi_{16} B_{15}}$ – значення ризиків травмування для бінарних комплексів “причина ризику травмування – вид травматичної події”; $i = 1, \dots, 16$ – кількість основних причин травмування на виробництві Π_i , що фіксується в чинній на сьогодні класифікації форми обов’язкової статистичної звітності № 7-тнв; $j = 1, \dots, 15$ – кількість основних видів травматичних подій.

Для прогнозування виробничого травматизму у роботі використано метод головних компонент, завдяки основним властивостям якого забезпечується мінімальна похибка прогнозу. Так, нехай необхідно замінити вихідний досліджуваний p -вимірний вектор спостережень X на вектор $Z = (z^{(1)}, z^{(2)}, \dots, z^{(p')})^T$ меншої розмірності p' , у якому кожна з компонент була б лінійною комбінацією p вихідних (або допоміжних) ознак, втративши при цьому не надто багато інформації. Інформативність нового вектора Z залежить від того, у якій мірі p' введених допоміжних змінних дають можливість “відновити” p вихідних ознак за допомогою відповідних лінійних комбінацій $z^{(1)}, z^{(2)}, \dots, z^{(p')}$. Можна уявити, що похибка σ прогнозу X по Z буде визначатися залишковою дисперсійною матрицею вектора X при відніманні з нього найкращого прогнозу по Z , тобто матрицею $\Delta = [\Delta_{ij}]$, де

$$\Delta_{ij} = E \left\{ \left(x^{(i)} - \sum_{l=1}^{p'} b_{il} z^{(l)} \right) \left(x^{(j)} - \sum_{l=1}^{p'} b_{jl} z^{(l)} \right) \right\}. \quad \text{Тут } \sum_{l=1}^{p'} b_{il} z^{(l)} \text{ – найкращий у сенсі най-}$$

менших квадратів прогноз $x^{(i)}$ по компонентам $z^{(1)}, z^{(2)}, \dots, z^{(p')}$. Похибка прогнозу X по Z задається як деяка визначена функція від елементів матриці $\Delta = [\Delta_{ij}]$, тобто $\sigma = f(\Delta)$, де $f(\Delta)$ визначає деякий критерій якості прогнозування.

Можна використати наступні міри похибки прогнозу:

1. $f(\Delta) = \text{Tr}(\Delta) = \Delta_{11} + \Delta_{22} + \dots + \Delta_{pp}$ – на основі сліду матриці $\Delta = [\Delta_{ij}]$;

$$2. f(\Delta) = \|\Delta\| = \sqrt{\sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^p \Delta_{ij}^2} \text{ – на основі евклідової норми матриці } \Delta = [\Delta_{ij}].$$

У літературі доведено, що обидві міри одночасно досягають мінімуму тоді і тільки тоді, коли у якості $z^{(1)}, z^{(2)}, \dots, z^{(p')}$ обрано перші p' головних компонент вектора X , причому величина похибки прогнозу $\sigma = f(\Delta)$ явним чином виражається через останні $p - p'$ власних чисел вихідної коваріаційної матриці C або наближено – через останні $p - p'$ власних чисел $\lambda_{p'+1}, \dots, \lambda_p$ виборочної коваріаційної матриці \mathcal{E} , побудованої за спостереженнями X_1, X_2, \dots, X_n . Зокрема, при $f(\Delta) = \text{Tr}(\Delta): \sigma \approx \lambda_{p'+1} + \lambda_{p'+2} + \dots + \lambda_p$; при $f(\Delta) = \|\Delta\|: \sigma \approx \sqrt{\lambda_{p'+1}^2 + \lambda_{p'+2}^2 + \dots + \lambda_p^2}$.

Таким чином, на основі методів регресійного та компонентного аналізу формується загальна модель ризику виробничого травматизму, яка комплексно пов'язує ймовірність виникнення нещасного випадку з частотою виникнення нещасних випадків на виробництві з усього спектру причин.

У роботі удосконалено комбінований метод головних компонент та регресійного аналізу на головних компонентах, лінійна модель якого має вигляд

$$R = b_0 + b_1 Y_1 + b_2 Y_2 + \dots + b_k Y_k + \varepsilon_k, \quad (6)$$

де R – залежний показник чи характеристика процесу, явища, що підлягає дослідженню, Y_k – значення перших головних компонент для об'єктів досліджень, $k = 1, 2, 3, \dots, p$; $b_0 \dots b_k$ – коефіцієнти рівняння регресії; ε_k – нормально розподілена випадкова величина з нульовим середнім і дисперсією.

Необхідність удосконалення обумовлюється корельованістю показників між собою, що визначає погану обумовленість системи нормальних рівнянь для визначення коефіцієнтів регресії, та наявністю похибок, що викликає зміщення оцінок. Для уникнення наведених недоліків пропонується удосконалення комбінованого методу регресійного аналізу на головних компонентах на основі застосування *методу експертного оцінювання*, метою якого є оцінка значущості (вагомості) кожного фактора (компоненти), а також узгодженості думок експертів (табл. 1).

У якості третього наукового результату у роботі розглядаються методи управління охороною праці на основі поєднання статистичного аналізу, експертного оцінювання з ранжуванням факторів та комбінованого прогнозування ризиків виробничого травматизму. У роботі запропоновано алгоритм формування рішень (рис. 2) щодо організації та забезпечення безпечних умов праці на основі прогнозування ризиків, де наведені основні етапи процесу формування рішень на основі комбінованого прогнозування ризиків.

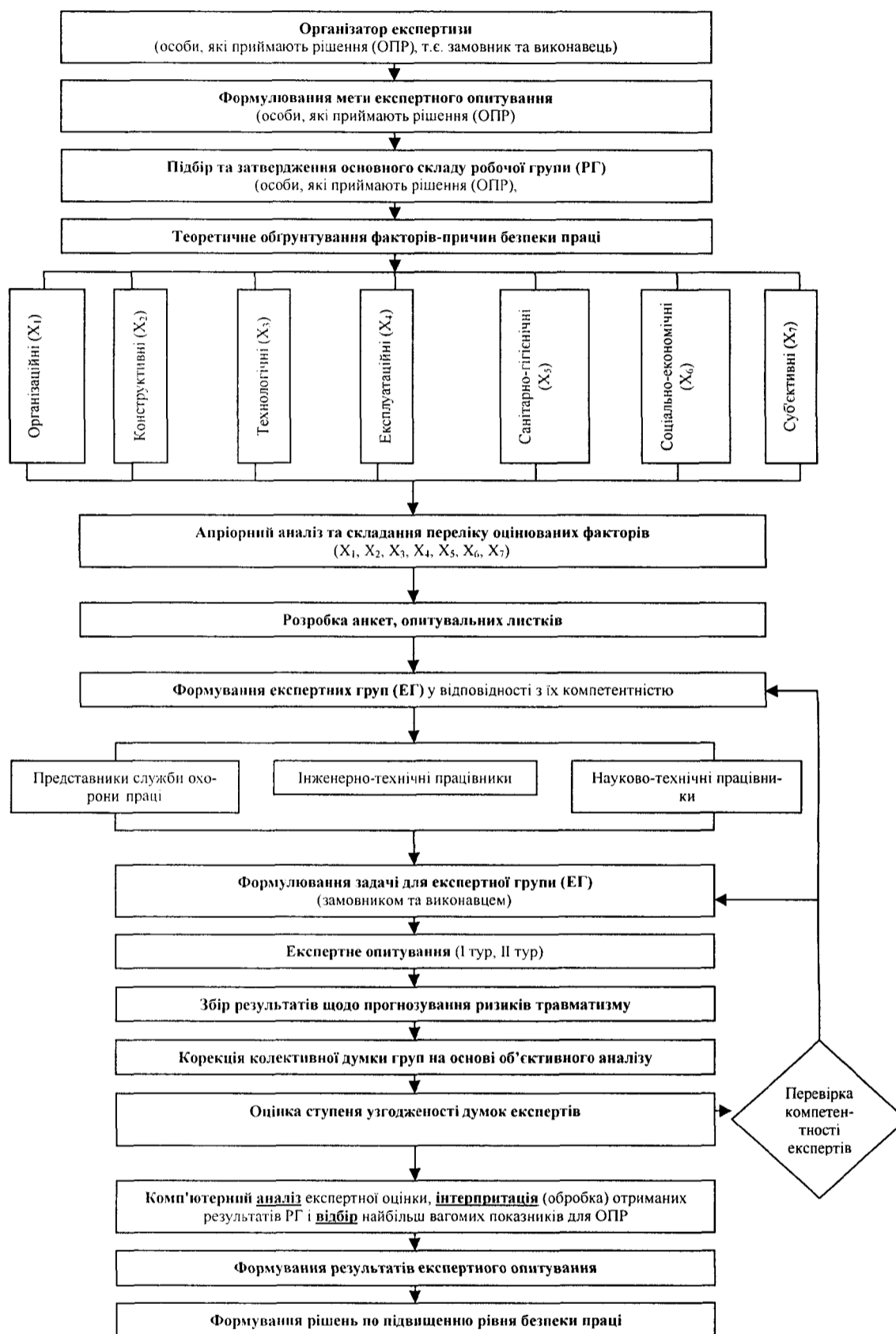


Рис. 2. Алгоритм формування рішень щодо організації та забезпечення безпечних умов праці на основі прогнозування ризиків

Таблиця 1

Матриця результатів експертної оцінки показників

Експерти	Фактори / компоненти				
	X_1	X_2	...	...	X_i
1	a_{11}	a_{12}	...	...	a_{1i}
2	a_{21}	a_{22}	...	...	a_{2i}
j	a_{j1}	a_{j2}	...	...	a_{ji}

У третьому розділі “Аналітичне дослідження виробничого травматизму на підприємствах харчової промисловості України” із застосуванням моделей та методів, розроблених у розділі 2, на основі даних за 2001 – 2011 роки здійснено дослідження статистики виробничого травматизму з застосуванням методів регресійного аналізу, побудови багатофакторних регресивних моделей, комбінованого прогнозу та здійснено прогнозування на 2012 – 2013 р.р.

На основі відповідних часових рядів було побудовано математичні моделі трендів та прогнозів майбутньої поведінки часових рядів. На рис. 3, для прикладу, наведено динаміку кількості травмованих за видами подій. Аналогічним чином було визначено динаміку кількості травмованих за професіями та по цехах. Середня похибка прогнозування складає 10...12 %, що свідчить про застосовність запропонованого підходу для прогнозування динаміки часових рядів виробничого травматизму.

Для оцінки ефективності прогнозування рівня травматизму на основі методу комбінованого прогнозу було порівняно прогнозні оцінки за багатофакторними моделями залежності кількості нещасних випадків від причин-факторів, які призвели до нещасних випадків та залежності кількості нещасних випадків від видів подій, які призвели до нещасних випадків

$$A = -0.06112 + 0,6754X_{n1} + 0,8718X_{n2} + 1,5954X_{n3} - 0,8534X_{n4} + 0,2794X_{n5} + 0,2953X_{c1} + 0,3732X_{c2} + 0,3609X_{c3} + 0,4207X_{c4} + 0,7141X_{c5}$$

Похибки прогнозування за такою комбінованою моделлю складають 0,43...1,11 %, що є кращим, ніж за кожною з попередніх моделей окремо.

Як було показано у розділі 2, методи комбінованого прогнозу доцільно доповнити уточненими оцінками на основі експертного оцінювання, метою якого є: уточнення впливу факторів на виробничий травматизм. За результатами обробки побудовані діаграми рангів, за якими уточнюються значення факторів впливу на виробничий травматизм (рис. 4). Аналогічним чином було досліджено професії, найбільш схильні до травматизму; причини свідомого порушення вимог безпеки; потенційні причини травматизму; фактори, що викликають травматизм при вико-

нанні технологічного процесу; фактори найбільш травмонебезпечного обладнання; заходи щодо охорони праці.

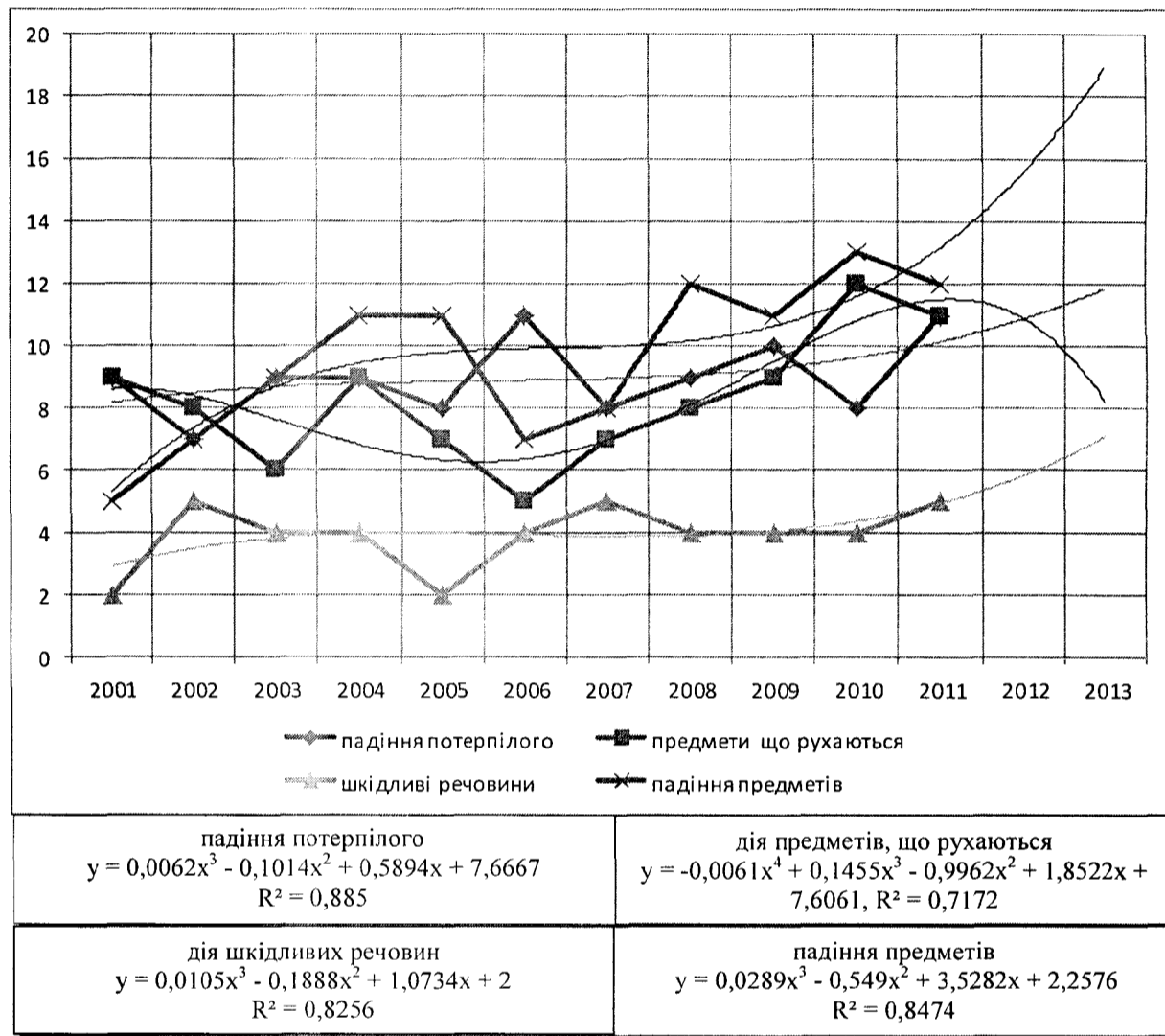


Рис. 3. Динаміка кількості травмованих за видами подій



Рис. 4. Діаграма рангів виробничо-технічних факторів

У четвертому розділі “Оцінка ефективності одержаних результатів. Розроблення рекомендацій щодо створення безпечних умов праці на підприємствах харчової промисловості” здійснено загальну оцінку ефективності запропонованих теоретичних результатів, обґрунтовано заходи та засоби для профілактики ризику виробничого травматизму.

Результати порівняльного аналізу ретроспективного прогнозування методами регресійного аналізу (прогнозу) та удосконаленим методом комбінованого прогнозування на основі методу головних компонент у поєднанні методом експертного оцінювання наведено на рис. 5.

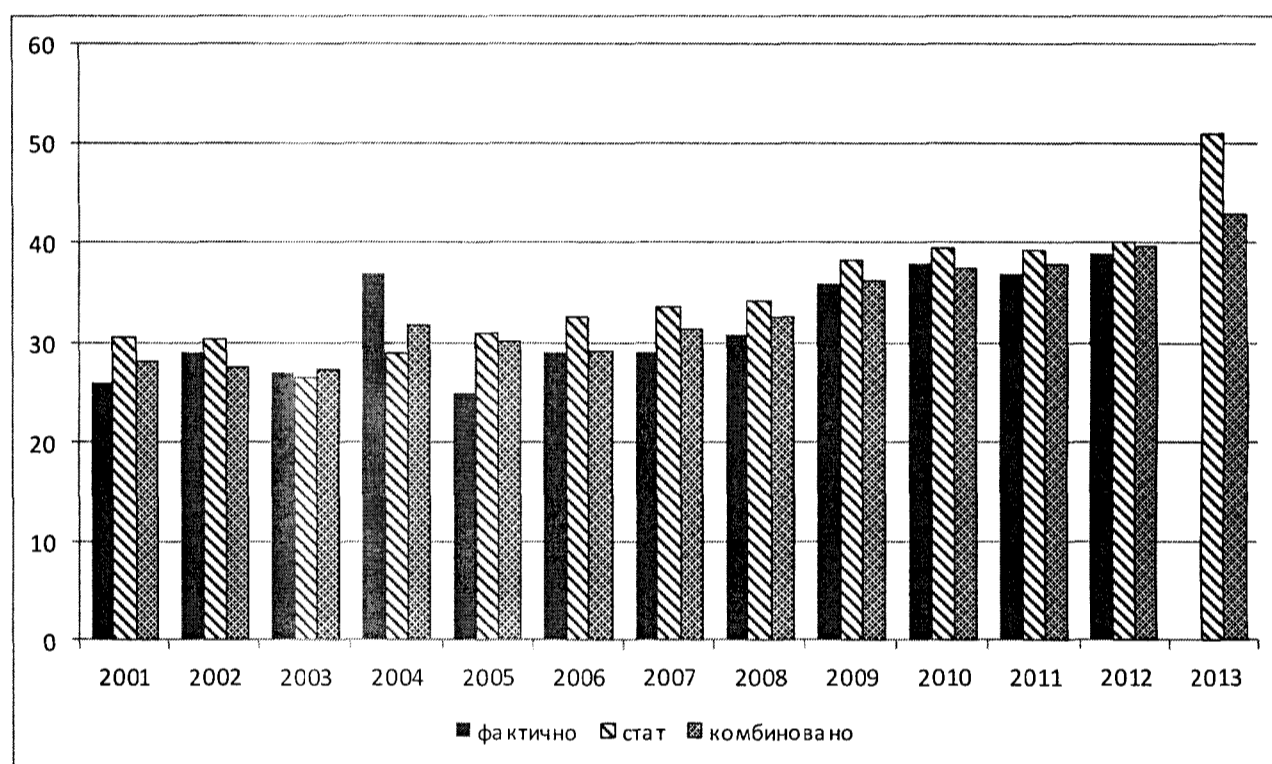


Рис. 5. Порівняння статистичних та комбінованих прогнозів ризику виробничого травматизму для м'ясної галузі

Як бачимо, статистичне прогнозування кількості травмованих на підприємствах харчової промисловості показує більші відхилення від фактичної кількості травмованих осіб (середньоквадратична похибка дорівнює 2,53), ніж комбіноване прогнозування (середньоквадратична похибка складає 0,85). Таким чином можна зробити висновок про підвищення ефективності прогнозування у середньому на 63 % за рахунок поєднання методу головних компонент з методом експертного оцінювання.

На основі одержаних теоретичних та практичних результатів у роботі було здійснено обґрунтування заходів і засобів для профілактики ризику на основі його прогнозування а також розроблено проект комплексу засобів автоматизації управління охороною праці для підприємств харчової промисловості, який складається з

двох програмних засобів: “Автоматизована система обліку, аналізу і оцінки нещасних випадків на підприємстві харчової промисловості” та “Контроль знань з охорони праці виробничого персоналу”.

ВИСНОВКИ

У результаті дисертаційних досліджень, виконаних автором, вирішено важливе науково-прикладне завдання щодо створення методики підвищення рівня безпеки праці на підприємствах харчової промисловості на основі прогнозування ризиків виробничого травматизму, яке має суттєве значення для розробки методів і засобів запобігання небезпек і шкідливостей в процесі життєдіяльності людини з метою забезпечення сприятливих умов праці, усунування професійних захворювань, нещасних випадків і аварій. Відсутність аналогічних рішень у нашій країні та за кордоном робить результати досліджень пріоритетними.

У дисертації одержані такі основні результати:

1. На основі аналізу даних по травматизму в харчовій промисловості за тривалий період 10 – 15 років, встановлено, що організаційні та кваліфікаційні фактори на підприємствах харчової промисловості призводять до 90 % виробничих травм (на прикладі м'ясопереробних підприємств). Основне протиріччя, яке існує у сфері охорони праці, пов'язане, з одного боку, з необхідністю підвищення рівня безпеки праці, що неодмінно призводить до збільшення витрат та здорожчання собівартості продукції, а, з іншого, до зменшення виробничих витрат, що призводить до збільшення виробничого травматизму. Одним з перспективних наукових напрямків вирішення зазначеного протиріччя та підвищення загального рівня безпеки виробництва є прогнозування ризиків виробничого травматизму, безпосередньо пов'язаного з процесом виробництва та створення умов уникнення травматизму на основі таких прогнозів. Аналіз існуючих методів прогнозування ризиків дає змогу зробити висновок про необхідність їх удосконалення з урахуванням особливостей підприємств харчової промисловості та комплексного оцінювання ризиків виробничого травматизму на них.

2. Вперше розроблено загальну модель ризику виробничого травматизму на підприємстві харчової промисловості, яка базується на комплексному врахуванні впливу на травматизм усього спектру виробничих і соціально-економічних чинників та будується на основі схеми виникнення нещасного випадку, у якій кожен факт нещасного випадку пов'язується з передумовою його виникнення. Зазначений підхід, на підставі даних з форм обов'язкової щорічної звітності, дозволяє здійснювати аналіз безпосередніх причинно-наслідкових зв'язків, що мають місце в процесі травмування та виявляти як основні, так і приховані причини виробничого травматизму, а також види подій, що призводять до нещасного випадку.

3. Удосконалено комбінований метод регресійного аналізу на головних компонентах, який, на відміну від існуючого, додатково включає результати уточнення основних факторів впливу на основі методу експертного оцінювання, що дає змогу застосовувати його для прогнозування ризиків травматизму у випадку значної корельованості вихідних статистичних даних та недостатньої обумовленості системи нормальних рівнянь при визначенні коефіцієнтів регресії, а також у випадку наявності похибок при визначенні вихідних показників та зміщенні оцінок травматизму.

4. Набули подальшого розвитку методи управління охороною праці на основі поєднання статистичного аналізу, експертного оцінювання з ранжуванням факторів та комбінованого прогнозування ризиків виробничого травматизму з реалізацією алгоритму формування пропозицій щодо поліпшення умов праці на підприємствах харчової промисловості. Це дозволяє на основі об'єктивного прогнозування ризиків розробляти управлінські рішення щодо забезпечення безпечних умов праці робітників харчової промисловості.

5. Запропонована у дисертаційній роботі методика підвищення рівня безпеки праці на підприємствах харчової промисловості на основі прогнозування ризиків виробничого травматизму лягла в основу алгоритму функціонування програмних комплексів моніторингу та аналізу причин і обставин, що призводять до виробничого травматизму на підприємствах харчової промисловості та для формування інформаційного забезпечення навчання персоналу з актуальних питань охорони праці та контролю знань працівників підприємств у цій сфері. На основі зазначеної методики розроблено рекомендації з аналізу причин і обставин, що призводять до травмування працівника на конкретному робочому місці та визначення комплексу найбільш доцільних протитравматичних заходів.

6. Розроблені моделі та методи мають якісно нові властивості і дозволяють підвищити ефективність (точність) прогнозування у середньому на 63 % на основі поєднання методу головних компонент з методом експертного оцінювання, що дає можливість підвищити загальну ефективність профілактики виробничого травматизму на підприємствах харчової промисловості у середньому на 18 – 23 %.

7. Достовірність отриманих наукових результатів щодо прогнозування ризиків виробничого травматизму забезпечується збіжністю результатів ретроспективного прогнозування з результатами статистичного прогнозування на основі регресійних моделей та порівнянням їх зі статистичними даними щодо травматизму у харчовій промисловості. При цьому середньоквадратична похибка комбінованих прогнозів складає 0,8 за загальної кількості травмованих 35 – 40 осіб на рік (на прикладі м'ясопереробних підприємств).

8. Результати досліджень впроваджені у виробничій діяльності Сумісного українсько-польського підприємства “Контекс” (м. Сквиря, Київської обл.), ДП “Хлібокомбінат №12” (м. Київ), ТОВ “Іллінецький цукровий завод”

(м. Іллінці, Вінницької обл.), ТОВ “Сосновський продукт” (м. Київ) та у навчальному процесі Національного університету харчових технологій (м. Київ). Наукові результати досліджень є внеском у розвиток теоретичних і прикладних основ охорони праці у частині, що стосується діагностування, прогнозу, моделювання екстремальних ситуацій та оцінки їх наслідків.

9. Перспективними напрямками подальших досліджень у зазначеній сфері може бути широке коло питань щодо розроблення методів визначення причинно-наслідкових зв'язків виробничого травматизму, прогнозування ризиків та розроблення ефективних заходів щодо покращення системи управління охороною праці на підприємствах харчової промисловості.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Євтушенко О.В. Аналіз статистики виробничого травматизму в харчовій промисловості України / О. В. Євтушенко // Харчова промисловість. – 2011. – Вип. 10. – С.169 – 174.
2. Гуць В.С. Динаміка виробничого травматизму в харчовій промисловості України / В. С. Гуць, О. В. Євтушенко // Інформаційний бюлетень з охорони праці ННДЮП. – 2011. – Вип. 4. – С.41 – 47.
3. Водяник А.Е. Исследование производственного травматизма со смертельным исходом в пищевой промышленности Украины / А.Е. Водяник, О.В. Евтушенко // Наукові праці ОНАХТ. - 2012. - Вип. 42. т. 1. - С.408 - 414.
4. Гуць В.С. Розробка програми обліку і аналізу нещасних випадків на виробництві / В.С. Гуць, О.В. Євтушенко, Н.В. Володченкова, А.М. Литвиненко // Наукові праці Національного університету харчових технологій. – 2012. – Вип. 42. – С.61 – 67.
5. Гуць В.С. Причини, джерела і обставини виробничого травматизму в м'ясній промисловості України / В. С. Гуць, О. В. Євтушенко // Харчова промисловість. – 2012. – Вип. 13. – С.158 – 164.
6. Євтушенко О.В. Підвищення рівня безпеки праці на підприємствах харчової промисловості / О. В. Євтушенко, А. О. Водяник // Проблеми охорони праці в Україні. – 2012. – Вип. 24. – С.26 – 37.
7. Євтушенко О.В. Дослідження причинно-наслідкових зв'язків характерних для виробничого травматизму на харчових підприємствах / О.В. Євтушенко, А.О. Водяник, Д.Д. Борисенко, А.М. Литвиненко // Наукові праці Національного університету харчових технологій. – 2013. – Вип. 50. – С.63 – 69.
8. Evtushenko O. Analysis of selection factors for estimation of labour safety in the enterprises of the meat industry / O. Evtushenko, S. Kovalenko // Proceedings. University of Ruse "Angel Kanchev". – Ruse, Bulgaria. – 2013. – Vol. 52., book 10.2 – P. 22 – 26.

9. Євтушенко О. Стан охорони праці на підприємствах м'ясоперобної промисловості України / О. Євтушенко, С. Коваленко // *Ukrainian Food Journal*. – 2013. – Vol. 2. – Issue 4. – С. 605 – 611.

10. Евтушенко О. В. Моделирование оценки рисков травмирования на предприятии / О. В. Евтушенко // *Актуальные проблемы безопасности жизнедеятельности и защиты населения и территорий в чрезвычайных ситуациях. Сборник научных трудов. Северо-Кавказский федеральный университет*. – Ставрополь – 2013. – С. 114-117.

11. Евтушенко О.В. Усовершенствование системы управления охраной труда на предприятиях пищевой промышленности / О.В. Евтушенко, А.Е. Водяник // *Журнал научных публикаций аспирантов и докторантов*. – Курск, – 2013. – Вып. 89. – С. 228 – 232.

12. Evtushenko O. Exploration of occupational injuries in food industry of Ukraine / O. Evtushenko, I. Klepikov // *Ukrainian journal of food science*. – 2013. – Vol. 1., Issue 1. – P. 49-55.

13. Евтушенко О.В. Принцип приоритета в системе контроля охраны труда на рабочем месте / О. В. Евтушенко, Н. В. Володченкова // *Zbornik medzinárodná vedecká konferencia, Akadémia ozbrojených síl generála Milana Rastislava Štefánika*. – Slovakia, – 2012. – С.92 – 100.

14. Євтушенко О.В. Динаміка виробничого травматизму в харчовій промисловості за останні роки / О. В. Евтушенко // *Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у ХХІ столітті : Матеріали 78-ї Міжнародної наукової конференції молодих учених, аспірантів і студентів, 2-3 квітня 2012 р.* – К., – 2012. – ч.2 – С.365 – 366.

15. Евтушенко О.В. Автоматизация учета несчастных случаев на предприятиях пищевой промышленности / О. В. Евтушенко // *Технические науки - от теории к практике: Материалы XIV Международной научно-практической конференции, 10 октября 2012 г.* – Новосибирск, – 2012. – С. 112 – 118.

16. Евтушенко О.В. Выбор мероприятий для профилактики риска травмирования на рабочих местах предприятий пищевой промышленности / О.В. Евтушенко // *Технические науки: современные проблемы и перспективы развития: Сборник материалов I Международной научно-практической конференции, 10 декабря 2012 г.* – Йошкар-Ола, – 2013. – С. 245 – 248.

17. Evtushenko O. Status of work accidents in food industry of Ukraine / O. Evtushenko, I. Klepikov // *The second north and east european congress on food, May 26-29, 2013*. – NUFT, Kyiv, Ukraine. – 2013. – P. 114.

18. Евтушенко О.В. Оценка риска травмирования на предприятиях пищевой промышленности с учетом тяжести его последствий / О.В. Евтушенко // *Современное хлебопекарное производство: перспективы развития: Материалы XIV Все-*

российской научно-практической конференции, 12 апреля 2013 г. – Екатеринбург, – 2013. – С. 74 – 77.

19. Євтушенко О.В. Методи дослідження ризику травмування на підприємствах харчової промисловості/ О. В. Євтушенко // Культура безпеки – запорука сталого розвитку суспільств: Матеріали Всеукраїнської науково-методичної конференції, 19-20 вересня 2013 р. – Миколаїв, – 2013. – С. 40-44.

20. Євтушенко О.В. Дослідження впливу профілактичних заходів на ризики травмування на виробництві / О.В. Євтушенко, А.О. Водяник // Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті : Матеріали 79-ї Міжнародної наукової конференції молодих учених, аспірантів і студентів, 15-16 квітня 2013 р. – К., – 2013. – ч.2 – С.691 – 692.

21. Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір. Комп'ютерна програма “Облік нещасних випадків на підприємстві” (“Analysis_of_accidents 1.0”) / Євтушенко О. В., Литвиненко А. М.; Державна служба інтелектуальної власності України. № 46957; опубл. 28.12.2012.

22. Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір. Комп'ютерна програма “Контроль знань з охорони праці виробничого персоналу” / Євтушенко О. В., Литвиненко А. М.; Державна служба інтелектуальної власності України. № 46958; опубл. 28.12.2012.

АНОТАЦІЯ

Євтушенко О.В. Підвищення рівня безпеки праці на підприємствах харчової промисловості на основі прогнозування ризиків травмування.
– Рукопис.

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, 2014.

Дисертація присвячена вирішенню актуального науково-прикладного завдання щодо створення методики підвищення рівня безпеки праці на підприємствах харчової промисловості на основі прогнозування ризиків виробничого травматизму.

У роботі здійснено статистичний аналіз нещасних випадків на підприємствах харчової промисловості. Розроблено методи дослідження причинно-наслідкових зв'язків, характерних для процесів травмування на підприємствах харчової промисловості. Удосконалено методи прогнозування ризиків виробничого травматизму. Досліджено причинно-наслідкові зв'язки, що призводять до травмування на підприємствах харчової промисловості та впливу на них профілактичних заходів. Розроблено алгоритми та технічні проекти інформаційно-аналітичної системи для оперативного аналізу стану умов праці на підприємстві, визначення раціональних

напрямків профілактики виробничого травматизму та обґрунтування організаційних заходів з охорони праці.

Ключові слова: травматизм, безпека праці, нещасний випадок, охорона праці, профілактика виробничого травматизму, матриця ризиків, головна компонента.

АННОТАЦИЯ

Евтушенко О.В. Повышение уровня безопасности труда на предприятиях пищевой промышленности на основе прогнозирования рисков травмирования. – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.26.01 – охрана труда. – ДУ «Национальный научно-исследовательский институт промышленной безопасности и охраны труда», Киев, 2014.

Диссертация посвящена решению актуальной научно-прикладной задачи по созданию методики повышения уровня безопасности труда на предприятиях пищевой промышленности на основе прогнозирования рисков производственного травматизма.

На основе статистического анализа установлено, что организационные и квалификационные факторы на предприятиях пищевой промышленности приводят до 90 % производственных травм (на примере мясоперерабатывающих предприятий). Основное противоречие, которое существует в сфере охраны труда, связано, с одной стороны, с необходимостью повышения уровня безопасности труда, который непременно приводит к увеличению расходов и к повышению себестоимости продукции, а, с другой, к уменьшению производственных расходов, которое приводит к увеличению производственного травматизма. Одним из перспективных научных направлений повышения общего уровня безопасности производства является прогнозирование рисков производственного травматизма, непосредственно связанного с процессом производства и создания условий к избежанию травматизма на основе таких прогнозов. Анализ существующих методов прогнозирования рисков дает возможность сделать вывод о необходимости их усовершенствования с целью приспособления к особенностям предприятий пищевой промышленности и комплексного оценивания рисков производственного травматизма на предприятии.

В работе разработана общая модель риска производственного травматизма на предприятии пищевой промышленности, которая, комплексно учитывает влияние на травматизм всего спектра производственных и социально-экономических факторов и строится на основе схемы возникновения несчастного случая, в которой каждый факт несчастного случая связывается с предпосылкой его возникновения. Отмеченный подход позволяет осуществлять анализ непосредственных причинно-следственных связей, которые имеют место в процессе травмирования и обнаруживать как основные, так и скрытые причины производственного травматизма, а также виды событий,

которые приводят к несчастному случаю на основании данных из форм обязательной ежегодной отчетности.

Усовершенствован комбинированный метод регрессионного анализа на главных компонентах, который, в отличие от существующего, дополнительно включает результаты уточнения основных факторов влияния на основе метода экспертного оценивания, которое дает возможность применять его для прогнозирования рисков травматизма в случае значительной коррелированности исходных статистических данных и плохой обусловленности системы нормальных уравнений при определении коэффициентов регрессии, а также в случае наличия погрешностей при определении исходных показателей и смещении оценок травматизма.

Получили дальнейшее развитие методы управления охраной труда на основе сочетания статистического анализа, экспертного оценивания с ранжировкой факторов и комбинированного прогнозирования рисков производственного травматизма с реализацией алгоритма формирования предложений по улучшению условий труда на предприятиях пищевой промышленности, что позволяет на основе объективного прогнозирования рисков готовить проекты управленческих решений относительно обеспечения безопасных условий труда рабочих пищевой промышленности.

Ключевые слова: травматизм, безопасность труда, несчастный случай, охрана труда, профилактика производственного травматизма, матрица рисков, главная компонента.

SUMMARY

Evtushenko O.V. The increase of labor safety for the food industry enterprises on the basis of risks forecasts. – Manuscript.

The dissertation on competition of a PhD scientific degree on a specialty 05.26.01 – labor protection. – The National scientific – research institute of industrial safety and labor protection, Kyiv, 2014.

The Dissertation highlights the actual scientific task in relation to method creation for increase of labor safety for the food industry enterprises on the basis of traumatic risks forecasting.

The statistical analysis of accidents is carried out on the enterprises of food industry. The methods of cause-result connections research, natural for the processes of injuring on the enterprises of food industry are developed. The methods of traumatic risks forecasting are improved. Investigation of cause-result connections which result in injuring on the food industry enterprises influence on them of prophylactic measures is made. Algorithms and technical projects of the information-analytical system for the operative analysis of the labor on an enterprise, determination of rational directions of traumatism and ground of organizational measures are developed on a labor protection.

Keywords: traumatism, safety of labor, accident, labour protection, prophylaxis of traumatism, matrix of risks, main component.

Підписано до друку 22. 01.14р. Формат 29,7x42¹/₄
Наклад 150 прим. Замовлення № 86
Віддруковано на різнографі в видавничому центрі “Принт-центр”
03056, м. Київ, вул. Політехнічна, 35
Тел./факс: 332-41-10, 486-50-88, 277-40-16
<http://www.printc.com.ua>. E-mail printc@ukr.net