

Т. М. Таїрова, канд. хім. наук (ДУ «ННДІПБОП»)

ПРОГНОЗУВАННЯ НЕЩАСНИХ ВИПАДКІВ НА ВИРОБНИЦТВІ

Проведено порівняльний аналіз виробничого травматизму в країні та світі, відмічено, що його показники в Україні, значно вище ніж в країнах Європейського Союзу. Для попередження виробничого травматизму запропоновано комплексний підхід до вивчення охорони праці, визначено внутрішні і зовнішні чинники впливу, з яких виокремлено ті чинники, що найбільше впливають на рівень виробничого травматизму та розроблено математичну модель функціонування системи «охорона праці». Отримані результати дають змогу прогнозувати коефіцієнт тяжкості та своєчасно вживати заходи попередження виробничого травматизму.

Ключові слова: прогнозування, математична модель, коефіцієнт тяжкості, фактори зовнішнього і внутрішнього середовища, система «охорона праці».

Проведен сравнительный анализ производственного травматизма в стране и в мире, отмечено, что его уровень в Украине значительно выше, чем в странах Европейского Союза. Для предупреждения производственного травматизма предложен комплексный подход к изучению охраны труда, определены внутренние и внешние факторы влияния, из которых выбраны те, которые больше всего влияют на уровень производственного травматизма, разработана математическая модель функционирования системы охраны труда. Полученные результаты дают возможность прогнозировать коэффициент тяжести и своевременно принимать меры по предупреждению производственного травматизма.

Ключевые слова: прогнозирование, математическая модель, коэффициент тяжести, факторы внутренней и внешней среды.

The comparative analysis of occupational injuries in the country and in the world is conducted, it is noted that its level in Ukraine is much higher than in the countries of the European Union. It has been proposed a comprehensive approach to the study of labor protection to prevent occupational injuries. The internal and external factors of influence on occupational injuries have been determined. It has been selected the factor that have the greatest impact on the level of occupational injuries, and a mathematical model of the functioning of the labor protection system has been developed. The results was obtained to make it possible to predict the severity factor and to apply measures in a timely manner to prevent occupational injuries.

Keywords: forecasting, mathematical model, coefficient of gravity, factors of internal and external environment.

Актуальність досліджень. Дослідженням проблеми виробничого травматизму в Україні з кожним роком все менше приділяється уваги. Така ситуація пояснюється тим, що динаміка змін абсолютних показників виробничого травматизму має стійку тенденцію до зниження. Так, у 2016 році в країні зареєстровано найнижчі абсолютні показники виробничого травматизму за останні 25 років, які більш ніж у 30 разів нижчі за показники виробничого травматизму 1991 року.

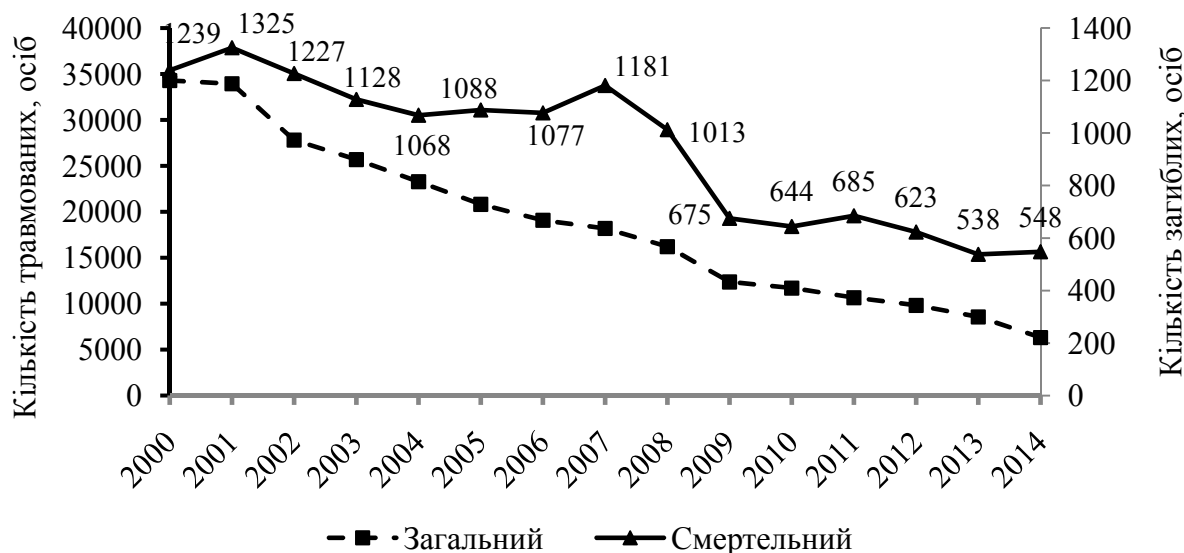


Рис. 1. Динаміка змін виробничого травматизму в Україні

Однак підстав для зниження уваги до проблеми виробничого травматизму в Україні немає. Адже позитивна динаміка щодо зменшення рівня виробничого травматизму, яка простежувалася в країні, перш за все обумовлена спадом економічної активності в країні і, як наслідок, зменшенням кількості робочих місць та працюючих, значним обсягом неврахованих або переведених у категорію не пов'язаних з виробництвом нещасних випадків.

Аналіз виробничого травматизму в Україні та світі свідчить про те, що в Україні рівень смертельного травматизму значно вище ніж в країнах Європейського Союзу в 1,3–2,5 рази, США – у 2 рази в розрахунку на 100 тис. працівників (дані Міжнародної організації праці). Діаграма коефіцієнтів частоти виробничого травматизму в Україні в світі наведено на рис. 2.

Коефіцієнт МОП, визначений за відомою методикою, свідчить про високий рівень приховування від реєстрації виробничого травматизму з тяжкими наслідками в Україні [1]. Зазначене підтверджує і той факт, що за останні 25 років основні фактори, які негативно впливали на стан охорони праці в країні, майже не змінились. Адже до цього часу в країні спостерігається:

- висока зношеність основних засобів виробництва, не створено здорові і безпечні умови праці на кожному робочому місці;
- низький рівень контролю за станом дотримання учасниками трудового процесу вимог нормативних актів з охорони праці;

- незадовільний стан забезпеченості працюючих засобами індивідуального та колективного захисту;
- відсутність в українському законодавстві будь яких санкцій до роботодавців за не створення безпечних умов праці та порушення нормативних актів з охорони праці;
- недостатній рівень фахової підготовки працівників з питань охорони праці;
- послаблення державного регулювання охороною праці, зокрема зменшення кількості перевірок суб'єктів господарювання в періоди спаду економічного розвитку в країні, тощо.

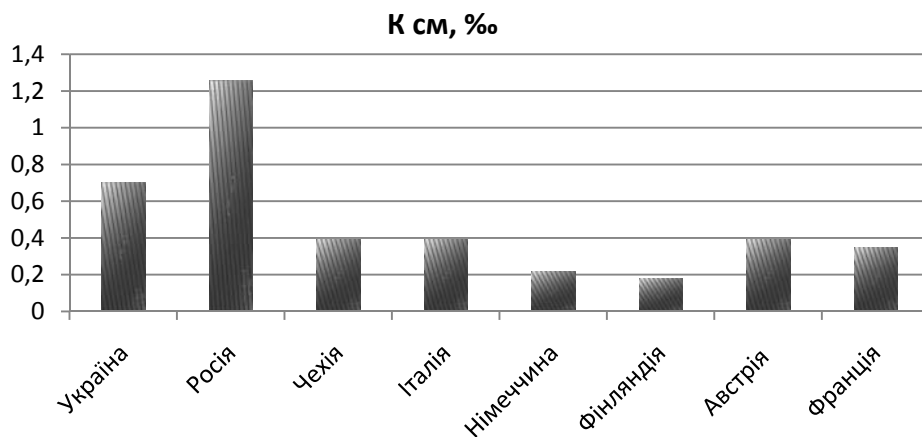


Рис. 2. Діаграма коефіцієнтів частоти виробничого травматизму в Україні в світі

Внаслідок цього в Україні за останні 25 років зареєстровано найнижче значення коефіцієнта МОП, яке дорівнює 10,5 і є найнижчим не тільки для України, але й для країн ЄС, де зазначений коефіцієнт знаходиться в межах від 150 до 1000. Враховуючи той факт, що щорічно в країні реєструється одна і та ж тенденція до зниження як рівня виробничого травматизму, то за умови її збереження на майбутні періоди через декілька років в Україні будуть реєструватись тільки нещасні випадки із смертельним наслідком.

Пошук шляхів вирішення проблеми виробничого травматизму вкрай необхідний і важливий для країни, оскільки виробничий травматизм та пов'язані з ним соціально-економічні і демографічні наслідки становлять серйозну проблему для держави. Виходячи з викладеного, проблема виробничого травматизму в Україні не втрачає актуальності та потребує нового комплексного підходу до її вирішення.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Питанням прогнозування виробничого травматизму присвячено багато наукових праць, серед яких роботи О. Гнатюка [2], О. М. Костенко [3], О. Є. Кружилка [4], А. В. Войналович [5], І. М. Подобєда [6], Л. М. Гордійчук [7] та ін.

Наукові роботи з прогнозування виробничого травматизму ґрунтуються на використанні багатофакторного кореляційно-регресивного аналізу та умовно поділяються на два напрями. В публікаціях одного

напряму використовуються для прогнозування тільки внутрішні фактори впливу, а у роботах іншого – тільки зовнішні. Одна група дослідників розглядала і досліджувала внутрішні фактори, їх якісні та кількісні властивості, рівень їх взаємозв'язку і вплив кожного з них на настання нещасного випадку на виробництві, як основної події, що моделюється. При дослідженні внутрішніх факторів автори намагались дати більш об'єктивну оцінку умовам праці і в той же час використовувати показники прості та доступні для практичного використання в умовах виробництва. Із показників зовнішнього впливу досліджувався, в основному, вплив показників державного управління охороною праці на рівень виробничого травматизму, при цьому визначався рівень взаємозв'язку показників наглядової діяльності з показниками виробничого травматизму та його прогнозні оцінки.

Прогнозуванню виробничого травматизму з урахуванням даних щодо психологічної стійкості виробничого персоналу присвячено деякі роботи, зокрема Л. М. Гордійчук [7]. Автор вважає, що основні причини травматизму і аварійності на виробництві пов'язані не з інженерними упущеннями та недоліками в організації робіт з експлуатації обладнання, а з неправильною оцінкою стану справ на виробництві. На думку автора, причина виробничого травматизму закладена в самій людині, так званому «людському факторі», і тільки при використанні комплексного підходу до прогнозування травматизму з урахуванням психологічної стійкості виробничого персоналу можливе істотне зниження травматизму на підприємстві і підвищення безпеки праці, оскільки психологічна стійкість є тим резервом, який в цей час не до кінця використовується на практиці. Особлива увага автором приділяється широкому спектру властивостей особистості, соціальним обставинам і виробничим умовам праці, які формують психологічні причини свідомого порушення правил безпечної роботи при експлуатації обладнання. Як зазначено в роботі, в основі аварійності та травматизму лежать організаційно-психологічні причини: низький рівень професійної підготовки з питань безпеки, недостатнє виховання, допуск до небезпечних видів робіт осіб з підвищеним ризиком травматизації, перебування людей в стані стомлення або інших психічних станах.

Серед методів прогнозування виробничого травматизму широко використовується прогнозування за динамікою часових рядів, тобто відслідковуються зміни кількості потерпілих у часі.

Короткостроковий прогноз виробничого травматизму, отриманий з застосування методів лінійної екстраполяції має пошуковий характер, оскільки визначає показники виробничого травматизму, пов'язані із впливом чинника тільки одного спрямування (технічного, організаційного, психологічного, тощо), а у разі дослідження динаміки часових рядів – із плином часу, за умови збереження існуючих тенденцій, тобто визначає можливий стан виробничого травматизму як умовне продовження тенденції його минулого розвитку на майбутній період (не більше 2-х років), абстрагуючись від рішень та будь-яких дій, на основі яких можливо радикально змінити тенденцію його розвитку.

Використання зазначеного методу дозволило автору визначити очікувані прогностні показники виробничого травматизму на наступний рік за лінійним рівнянням (1)

$$y = -1611,1x + 3E + 0,6, R_2 = 0,9795. \quad (1)$$

Однак середнє абсолютне значення помилки прогнозу, розраховане за формулою (1) становить понад 20,0 %. Прогнозування вищезазначеним методом не враховує той факт, що виробничий травматизм формується під впливом множини зовнішніх і внутрішніх чинників, і тільки їх комплексний вплив радикально змінює тенденцію його розвитку.

Підсумовуючи дослідження з прогнозування виробничого травматизму можна відзначити відсутність системного підходу до аналізу та прогнозування виробничого травматизму.

Мета дослідження. Розроблення методології прогнозування виробничого травматизму з урахуванням комплексного впливу зовнішніх і внутрішніх чинників для трансформування прогностних оцінок в ефективні заходи попередження травматизму на виробництві.

Матеріали і результати досліджень. Інформаційною базою досліджень з виробничого травматизму є офіційні державні та відомчі дані щорічного моніторингу про потерпілих на виробництві, дані щорічної статистичної звітності про нещасні випадки за організаційними і технічними причинами їх настання, звітні дані Держпраці України про наглядову діяльність та соціально-економічні показники Держкомстату України.

Виклад основного матеріалу. Для вирішення проблеми виробничого травматизму, як проблеми, пов'язаної з неналежним станом охорони праці, обґрунтовано необхідність вивчення та дослідження природи охорони праці як цілісного об'єкта – складної відкритої динамічної системи. Охорона праці як складна системи, складається з окремих підсистем і множин елементів, об'єднаних певними зв'язками та взаємодією між собою, які утворюють її організаційно-структурну цілісність. Зміни у функціонуванні хоча б одного із взаємозалежних системоутворюючих елементів або підсистем системи «охорона праці» впливають на функціонування інших підсистем і елементів та призводять до змін у функціонуванні системи в цілому. Системоутворюючими елементами системи «охорона праці» є правові, соціально-економічні, організаційно-технічні, санітарно-гігієнічні та лікувально-профілактичні чинники. Кількісно такий стан охорони праці оцінюється відповідними показниками виробничого травматизму та/або професійної захворюваності.

Розроблення своєчасних і оптимальних управлінських рішень та заходів щодо попередження виробничого травматизму ґрунтується на прогностних оцінках показників виробничого травматизму, отриманих за результатами математичного моделювання функціонування системи «охорона праці» в інтервалі часу $t+1$ з урахуванням впливу чинників зовнішнього і внутрішнього середовища.

Процес побудови математичної моделі системи «охорона праці» передбачає вирішення таких завдань:

- вибір вхідних змінних (чинників);
- вибір вихідних змінних (параметрів оптимізації);
- побудова математичної моделі функціонування системи «охорона праці»;
- вибір оптимальної структури моделі за критеріями мінімуму зміщення та значенням похибки епігнозтичного прогнозу із серії математичних моделей-претендентів.

Формування масиву вихідних даних, що характеризують чинники зовнішнього і внутрішнього середовища, здійснено на основі розрахунків з використанням кореляційно-регресійного аналізу шляхом виділення з множини показників тих, що мають найбільш статистично значущі зв'язки з показниками виробничого травматизму.

Із зовнішніх чинників, що впливають на функціонування системи охорони праці, досліджено економічний та правовий (як державне управління охороною праці) чинники.

Для оцінювання впливу економічного чиннику на рівень виробничого травматизму із множини економічних показників вибрано узагальнений показник економічного розвитку країни – валовий внутрішній продукт (далі – ВВП), як кінцевий результат виробничої діяльності підприємств.

Дослідження динаміки змін економічних показників у часі дозволило виявити періоди економічної нестабільності та встановити, що ці періоди в Україні співпадають з періодами політичної нестабільності та характеризуються періодами спаду та підйому економічного розвитку, наявністю певної циклічності їх настання та повторюваності через певні проміжки часу. Зниження рівня економічних показників країни (ВВП) в періоди економічної нестабільності відображаються на кількості робочих місць та кількості працюючих на виробництві і, відповідно, на рівні виробничого травматизму (рис. 3).



Рис. 3. Динаміка змін показників ланцюгового зниження виробничого травматизму

Як видно з рис. 3, динаміка ланцюгового спаду виробничого травматизму співпадає за характером змін з динамікою ланцюгового спаду

показників ВВП, але характеризується затримкою спаду на один рік, тобто найнижчий рівень виробничого травматизму припадає на рік, наступний за роком, в якому відмічався найнижчий рівень ВВП, що графічно відображено специфічними кривими швидкості змін показників ВВП і виробничого травматизму. Найвищі значення показника ланцюгового спаду виробничого травматизму, тобто найбільше зниження його значень порівняно з попереднім роком, припадають на рік наступний за роком настання економічної кризи в країні, тобто за тим роком в якому реєструвалося найбільше значення ланцюгового зниження показника узагальненого економічного розвитку країни (ВВП). Періоди підйому і спаду економічної активності відбиваються через зміни взаємозалежних показників – темпів економічного росту, рівні зайнятості населення.

Циклічність розвитку економіки притаманна економікам всіх країн і характеризується регулярними коливаннями рівнів ділової активності, при яких зростання виробництва змінюється спадом, а останній, у свою чергу, потім замінюється наступним зростанням. Усі цикли не схожі один на одного, кожен цикл має свої специфічні особливості, переплетення. При цьому кожна криза викликається будь-якими цілком винятковими обставинами. За останні 15 років періодичність економічного циклу в економіці України, тобто періоди виробництва та інфляції, становила 5–7 років. В періоди підйому економіки спостерігається повна зайнятість, зростає кількість робочих місць і чисельність працюючих, як у формальному, так і неформальному секторах праці виробництво працює на повну потужність, а реальний обсяг виробництва досягає максимуму. Оскільки виробничий травматизм тісно пов'язаний з економічним розвитком країни, періоди спаду та підйому темпів економічного зростання віддзеркалюються на його рівні. У періоди економічного підйому рівень виробничого травматизму, в тому числі зі смертельним наслідком, у формальному секторі ринку праці характеризується найвищими показниками, а у неформальному секторі ринку праці відмічається його зниження.

Для об'єктивного оцінювання впливу державного нагляду з охорони праці на рівень виробничого травматизму використано метод парної кореляції, оскільки дослідження, проведені за методикою бальної оцінки i -го критерію наглядової діяльності для i -го коду ВЕД та засновані на урахуванні інтегральних показників наглядової діяльності (IB_i), не дозволили отримати об'єктивну оцінку ефективності наглядової діяльності [8, 9].

Для оцінювання наглядової діяльності з охорони праці із звітних даних Держпраці сформовано множину кількісних та інтегральних показників наглядової діяльності та методом парної кореляції визначено інтегральні показники прямої дії, що найбільше впливають на рівень виробничого травматизму (H_1), у тому числі із смертельним наслідком (H_2). За результатами досліджень встановлено, що із всієї множини показників оцінювання найвпливовішими показниками наглядової діяльності за значенням лінійного коефіцієнта кореляції виявилися такі:

середній розмір штрафу, накладеного на керівника за порушення нормативних актів з охорони праці або працівника – X_2 , але рівень цього впливу дуже низький.

Із внутрішніх чинників досліджували технічну складову системи охорона праці, як технологічний стан машин і механізмів, технологічних процесів, будівель, та організаційну: як стан дотримання як працівником, так і роботодавцем нормативних актів з охорони праці. Для визначення узагальненого показника, що характеризує технічну складову системи «охорона праці», автором запропоновано дослідити систему «роботодавець-працівник-робоче місце», ефективність функціонування якої залежить від надійності кожного компонента системи. Провідна роль в запропонованій системі, на відміну від системи «людина – машина – середовище», відводиться не працівнику, а роботодавцю, який має створити на кожному робочому місці безпечні і здорові умови праці та забезпечити навчання працівників безпечним прийомам праці, працівник же має дотримуватись нормативних актів з охорони праці. Декомпозиція системи дозволяє кількісно оцінити рівень дотримання роботодавцем і працівником нормативних актів з охорони праці. Динаміку змін показників, що характеризують дії або бездіяльності працівника та роботодавця, наведено на рис. 4.

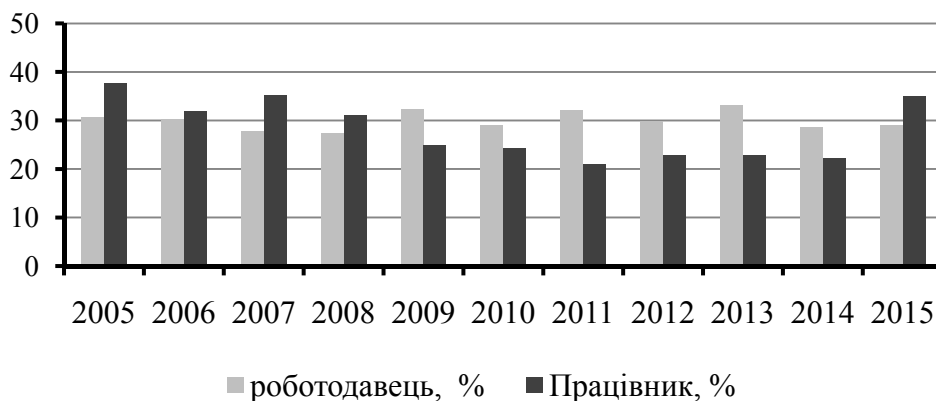


Рис. 4. Динаміка змін показників, що характеризують дії або бездіяльності працівника та роботодавця

Математична модель функціонування системи «охорона праці» на державному рівні відображає закономірності змін коефіцієнта тяжкості виробничого травматизму від змін множини чинників зовнішнього і внутрішнього середовища, дозволяє прогнозувати показники виробничого травматизму на державному рівні та має вигляд:

$$Y = 12,32 - 0,0161 X_1 + 0,541 X_2 + 0,034 X_3 + 0,112 X_1 X_2 - 0,0016 X_2 X_3 + 0,00022 X_1 X_3, \quad (2)$$

де X_1 – узагальнений показник, що характеризує стан економічного розвитку країни (внутрішній валовий продукт);

X_2 – показник, що характеризує внутрішнє середовище;

X_3 – показник, що характеризує стан державного управління.

Використання математичної моделі системи «охорона праці» дозволяє досліджувати функціонування системи залежно від прогнозних змін кожного з факторів, що входять до моделі, визначати прогнозні значення коефіцієнта тяжкості виробничого травматизму та вживати заходи випереджального характеру на державному рівні, базуючись на прогнозних оцінках показників виробничого травматизму та результатах оцінки впливу проаналізованих чинників на функціонування системи охорона праці.

До кола питань щодо оцінки виробничого травматизму в Україні не входить визначення реальних масштабів виробничого травматизму в країні, які б враховували кількість травмованих і загиблих як у формальному, так і неформальному секторах ринку праці, а також кількість потерпілих, які працювали за цивільно-правовими договорами. Автором запропоновано методикку розрахунку кількості потерпілих у неформальному секторі ринку праці, яка ґрунтується на коефіцієнтах частоти смертельного травматизму для трьох найбільш травмонебезпечних видів економічної діяльності формального сектору ринку праці та методиці МОП, в основу якої покладено положення, що нещасні випадки зі смертельним наслідком є базою для розрахунку загальної кількості нещасних випадків на виробництві. Реальні масштаби виробничого травматизму в Україні, визначено як сумарний загальний показник рівня виробничого травматизму, який складається з показників травматизму у формальному і неформальному секторах ринку праці, та включає кількість потерпілих, які працювали за цивільно-правовими договорами і отримали травми на виробництві. Розрахунки, проведені за вищевказаною методикою, показали зростання показників виробничого травматизму у неформальному секторі ринку праці у періоди економічної кризи в країні. Узагальнені розрахункові показники виробничого травматизму по країні в 3,8...5,2 рази перевищують статистичні показники виробничого травматизму за вказані роки.

Втрати від виробничого травматизму оцінюють за обсягом виплат Фондом соціального страхування від нещасних випадків потерпілим на виробництві. За розрахунками автора тільки через недотримання роботодавцями вимог нормативно-правових актів з питань з організаційного характеру, що стало безпосередньою причиною настання нещасних випадків на виробництві з тяжкими наслідками, Фондом соціального страхування від нещасних випадків щороку виплачується потерпілим понад 6 млн грн. Загальні щорічні втрати держави від виробничого травматизму щорічно становлять майже 8 млрд грн.

Висновки

Розроблено математичну модель виробничого травматизму, яка характеризує комплексний вплив на рівень виробничого травматизму факторів зовнішнього і внутрішнього середовища. Визначено фактори, що мають найбільший вплив на рівень виробничого травматизму, використання отриманих результатів дозволило прогнозувати рівень

виробничого травматизму в періоди економічної стабільності та нестабільності в країні і обґрунтовувати заходи випереджального характеру, починаючи уже в періоди спаду економічної активності.

Список літератури

1. Machida S. System for Collection and analysis of occupational accidents data / S. Machida // African Newsletter on Occupational Health and Safety. – 2009. – V. 19, № 1. – P. 4–6.

2. Гнатюк О. А. Оцінення ризику травмування механізаторів агропромислового комплексу від дій рухомих деталей і механізмів машин / О. А. Гнатюк, О. О. Покутний, М. О. Лисюк // Проблеми охорони праці в Україні. – К. : ДУ «ННДІПБОП», 2014. – Вип. 28. – С. 121–130.

3. Гордійчук Л. М. Психологический фактор предупреждения несчастных случаев на производстве / Л. М. Гордійчук // Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Гжицького, 2016. – Т. 18. – № 2 (69). – С. 198–200.

4. Костенко О. М. Вибір та обґрунтування методу прогнозування травматизму у сільськогосподарському виробництві // Актуальні проблеми природних і гуманітарних наук : зб. наук. пр. молодих учених ПДСГІ. – Полтава, 1997. – № 19. – С. 284–288.

5. Кружилко О. Є. Практичні аспекти використання аналітичної системи моделювання та прогнозування в сфері охорони праці / О. Є. Кружилко // Проблеми охорони праці в Україні : зб. наук. праць. – К. : ННДІПБОП, 2007. – Вип. 13 – С. 43–50.

6. Войналович А. В. Применение дефектоскопического контроля для прогнозирования аварийных ситуаций на механизированных процессах в сельском хозяйстве / А. В. Войналович, М. М. Мотрич, Д. Г. Кофто // Motrol. Commission of motorization and energetics in agriculture, Lublin. Poland. – 2013. Vol. 15. No 3. – P. 157–162.

7. Подобед І. М. Сучасні методи прогнозування потенційних небезпек та їх наслідків у аграрному секторі економіки / І. М. Подобед // Праці Таврійської державної агротехнічної академії, 2006. – Вип. 45. – С. 119–129.

8. Таїрова Т. М. Оцінювання впливу наглядової діяльності з охорони праці за видами економічної діяльності на рівень виробничого травматизму в Україні / Т. М. Таїрова, С. В. Сулімова, О. А. Сліпачук // Вісник Національного науково-дослідного інституту охорони праці. – К. : ДУ «ННДІПБОП», 2013. – № 30. – С. 55–60.

9. Єсипенко А. С. Дослідження впливу наглядової діяльності з охорони праці на рівень виробничого травматизму / А. С. Єсипенко, О. А. Сліпачук, Т. М. Таїрова // Проблеми охорони праці в Україні : зб. наук. праць. – К. : ДУ «ННДІПБОП», 2013. – Вип. 26. – 135 с.

*Дата подання статті до збірника 29.05.2017
Рецензнт – д-р техн. наук Ткачук К. Н.*