

Ю. О. Полукаров, к.т.н., доц.,  
О. В. Землянська, ст. викл.,  
Н. Ф. Качинська, ст. викл.,  
Л. О. Мітюк, к.т.н., доц.  
КПІ ім. Ігоря Сікорського, Україна

## СПЕЦИФІКА МЕТОДОЛОГІЇ ПРОГНОЗУВАННЯ ВИРОБНИЧОГО ТРАВМАТИЗМУ ТА ПРОФЕСІЙНОЇ ЗАХВОРЮВАНОСТІ

Y. Polukarov, Cand. Tech. Sc., Assoc. Prof.,  
O. Zemlyanska, Assis. Prof.,  
N. Kachynska, Assis. Prof.,  
L. Mitiuk, Cand. Tech. Sc., Assoc. Prof.  
Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute

## SPECIFICS OF FORECASTING METHODOLOGY INDUSTRIAL INJURIES AND PROFESSIONAL DISEASES

**Мета.** Обґрунтувати необхідність розробки нових науково–методичних основ прогнозування травматизму та профзахворюваності.

**Завдання.** Провести аналіз існуючих методів прогнозування травматизму та профзахворюваності, запропонувати новий алгоритм розрахунків їх рівнів, сформулювати науково–методичні вимоги щодо інформаційно–аналітичної системи попередження виникнення професійних захворювань.

**Результати дослідження.** Сучасні методи прогнозування травматизму дають можливість оцінити ефективність профілактичних заходів. Однак, не існує універсального методу для аналізу стану профзахворюваності через різну специфіку цих явищ, які не дозволяють реально оцінити стан охорони праці у тій чи іншій галузі за конкретний проміжок часу. Тому, саме зниження рівня травматизму та профзахворювань у порівнянні з отриманими даними за методикою прогнозу, може свідчити про ефективність профілактичних заходів. Разом з цим, актуальним залишається питання створення інформаційно–аналітичної системи засобів індивідуального захисту (ЗІЗ).

**Наукова новизна.** Запропоновано створити спеціальний математичний апарат для визначення величини зниження збитків та інформаційно–аналітичну систему, що дозволить отримати прогнозовану оцінку профзахворюваності на підприємстві. Для отримання достовірного прогнозу важливим завданням є визначення середнього значення випадків за певний проміжок часу, що враховано в даній розробці.

**Висновки та практичне значення.** Існує багато методів аналізу виробничого травматизму та профзахворювань, однак, більшість з них непридатна для застосування щодо профзахворювань. Оскільки хронічні профзахворювання мають накопичуваний характер, то рівень профзахворюваності є більш прогнозованою величиною, ніж травматизм та аварії. Це дає можливість визначити «ступінь профзахворюваності» за умови фіксації часу перебування працівників в зоні впливу шкідливих факторів разом з довідниковими даними про умовну дозу впливу кожного шкідливого фактору.

**Ключові слова:** прогнозування, травматизм, професійна захворюваність, працезахоронна діяльність, шкідливий фактор, інформаційно–аналітична система.

## ВСТУП

**Актуальність теми.** Травматизм та професійна захворюваність – це об’єктивні характеристики стану охорони праці. Від результатів проведеного аналізу причин нещасних випадків і професійних захворювань та вжитих заходів з попередження цих випадків залежать економічні показники функціонування підприємства.

Тому в сучасних економічних умовах актуальним є створення та впровадження нової методології та інформаційно–аналітичної системи, які дозволять своєчасно і цілеспрямовано здійснювати профілактичну працезахоронну діяльність на підприємствах. За рахунок цього, вдасться знизити рівень травматизму та професійної захворюваності і, як наслідок, втрати, пов’язані з компенсаціями потерпілим, виплатами штрафів тощо.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Багато фахівців у світі переймаються питаннями створення безпечних умов праці та запобігання виробничих травм та професійних захворювань. Ціла плеяда досвідчених і сучасних науковців, таких як Ю. І. Кундієв, А. М. Нагорна, М. П. Соколова, О. А. Трюхан, зосередилася на пошуку вирішення сьогоденних нагальних проблем і пропонують чимало цікавих та актуальних рішень, спрямованих на розробку профілактичних заходів вищезазначених явищ. Зокрема, в роботах М. П. Гандзюка і О. І. Запорожця наведено методіку прогнозування виробничого травматизму та рекомендації щодо його профілактики. Оцінкою стану умов праці та управлінням ризиком нещасних випадків займалися О. О. Олійник, О. Є. Кружилко, Т. М. Таїрова. Але запропоновані методіки дуже різняться через різну природу травматизму і професійних захворювань, специфіку авторських поглядів та різні підходи до проблематики, а також дещо різні сфери наукових інтересів авторів.

Методи прогнозування дають можливість оцінити ефективність профілактичних заходів [1]. Однак, якщо рівень травматизму і професійних захворювань у звітному періоді нижче попереднього, то це ще не означає, що працезахоронна діяльність ведеться належним чином. Тільки зниження рівня травматизму та профзахворювань порівняно з даними, отриманими за методікою прогнозу, може свідчити про ефективну профілактичну роботу.

Моніторинг літературних джерел показує, що виробничий травматизм, зазвичай, аналізують статистичним, топографічним, монографічним, економічним, ергономічним, психофізіологічним або імовірнісним методами [1], [2]. Іноді з цією метою застосовується метод експертних оцінок [3].

Проте, на цей день не існує універсального методу для аналізу стану охорони праці, який дозволяє реально оцінити становище у тій чи іншій галузі за конкретний проміжок часу. Також, відчутною проблемою сучасності є відсутність тематичних баз даних з питань засобів індивідуального захисту. Існуючі системи мають переважно рекламний характер і не передбачають аналітичної функції. Тому актуальним також залишається питання щодо створення інформаційно–аналітичної системи прийняття управлінських рішень щодо вибору ЗІЗ та засобів колективного захисту.

**Постановка завдання.** З метою вдосконалення науково–методичних основ щодо прогнозування травматизму та профзахворюваності з подальшою розробкою інформаційно–аналітичної системи прийняття управлінських рішень передбачено вирішити наступні завдання:

- провести аналіз існуючих методів прогнозування профзахворюваності та травматизму;
- запропонувати новий алгоритм розрахунків рівнів профзахворюваності та травматизму;

–сформувані науково–методичні вимоги щодо інформаційно–аналітичної системи попередження професійної захворюваності.

## ОСНОВНА ЧАСТИНА

Статистичний метод базується на кількісному аналізі кількох статистичних показників. Для оцінки рівня травматизму, необхідно розрахувати множину загально прийнятих для сфери охорони праці показників [4].

Коефіцієнт частоти загального травматизму показує реальну кількість нещасних випадків, розраховану на тисячу працюючих за період, що підлягає аналізу:

$$K_q = \frac{n}{p} \cdot 1000, \quad (1)$$

де  $n$  – кількість нещасних випадків за аналізований період;

$p$  – середньоспискова кількість працівників за цей же період.

Як свідчать статистичні дослідження в Україні,  $K_q$  становить приблизно 4...5, найвищий показник якого спостерігається у вугільній промисловості, машинобудівній, в аграрно–промисловому комплексі.

Коефіцієнт тяжкості травматизму демонструє середній період непрацездатності, у розрахунку на один нещасний випадок:

$$K_g = \frac{D}{n}, \quad (2)$$

де  $D$  – сумарна тривалість непрацездатності.

Коефіцієнт виробничих збитків характеризує кількість днів непрацездатності, що припадають на тисячу працюючих:

$$K_{g.g.} = K_q \cdot K_g = \frac{D}{p} \cdot 1000. \quad (3)$$

Коефіцієнт нещасних випадків, які закінчились смертю або каліцтвом:

$$K_{c.k.} = \frac{n_{c.k.}}{n} \cdot 100\%, \quad (4)$$

де  $n_{c.k.}$  – кількість нещасних випадків, які закінчились смертю або каліцтвом.

Дані коефіцієнти дають можливість вивчати динаміку травматизму, а також порівнювати його рівень з рівнями на інших підприємствах.

Головним недоліком статистичного методу є неможливість його використання без накопичення великого масиву даних щодо нещасних випадків та професійних захворювань. Більш того, за допомогою даного методу неможливо аналізувати причини та обставини, що зумовили настання нещасних випадків.

Топографічний метод показує кращі результати боротьби з виробничим травматизмом [1]. Зазначений метод ґрунтується на систематичному позначенні у планах цехів підприємства місць, де стався нещасний випадок. За допомогою даного прийому є можливість виявити найбільш травмонезбезпечні робочі місця, які підлягають ретельному обстеженню та розробки комплексу заходів з профілактики травматизму. Проте, даний метод не дає змогу визначати найбільш значущі виробничі чинники, які, зрештою, призводять до виникнення травм та професійних захворювань.

Іноді застосовують монографічний метод, який представляє собою доскональне дослідження умов праці та відпочинку, а також комплексний аналіз стану устаткування, технологічних процесів і режимів праці [1]. Даний метод передбачає дослідження шкідливих і небезпечних факторів, характерних лише для конкретної ділянки виробництва, устаткування, технологічного процесу. Використовуються також результати статистичного аналізу, топографічного та інших методів, що дозволяють

виявити технологічні процеси, обладнання, умови праці та відпочинку, які вимагають змін або вдосконалення. Однак суттєвим недоліком монографічного методу є його складність, яка пов'язана з великою кількістю критеріїв оцінювання рівня профзахворювань та травматизму.

Економічний метод використовується для визначення ефективності охорони праці [5], [6]. За його допомогою, зазвичай, визначають збитки від травматизму, професійних захворювань та оцінюють витрати, необхідні для усунення або суттєвого зниження травматизму. Потім порівнюють різні варіанти рішень, серед яких обирають оптимальний. Основний недолік методу такий: він не визначає причини та фактори, які призвели до травматизму та профзахворювання.

Метод експертних оцінок дозволяє виявити основні причини травматизму на базі оцінок (рангів), які визначає група фахівців (експерти). Для використання цього методу попередньо розробляється перелік можливих причин травматизму, які роздаються експертам на картках. Залежно від важливості фактору експерти проставляють відповідний ранг. Цей метод дає змогу визначити найважливіші причини травматизму на підприємстві, дільниці, в цеху й визначити найдоцільніший шлях до поліпшення стану охорони праці. Однак цей метод вимагає попередньої перевірки компетентності експертів, тому що його ефективність цілком залежить від рівня їх підготовки (оскільки перевірку проводять також методом експертних оцінок).

Для здійснення інженерних розрахунків найбільш простим є ймовірнісний метод прогнозу [7]. Суть методу полягає в наступному:

1. Визначається ймовірність хоча б однієї травми або професійного захворювання.
2. Оцінюється число травм і захворювань  $\Pi$  у майбутньому за час  $t_1$  (на підприємствах, дільницях, у бригадах зі сталою технологією):

$$\Pi = P \cdot t_1. \quad (5)$$

3. Визначається сумарний економічний збиток, який складається з економічного – по лікарняних листах і від невиконання плану в майбутньому:

$$E = \frac{\Pi N}{KB} \left( \sum_{i=1}^n A_i + \sum_{i=1}^n E \right), \quad (6)$$

де  $N$  – коефіцієнт перерахунку на 100, 1000 і т.д. робітників;  $B$  – кількість працюючих на підприємстві;  $\sum_{i=1}^n A_i$  – сумарні витрати по  $n$  лікарняних листів за певний період;

$\sum_{i=1}^n E$  – сумарний збиток через невиконання плану робітниками через травмування.

4. Визначаються витрати на заходи щодо попередження подібних нещасних випадків.

Цей метод дозволяє встановити на підприємстві найбільш небезпечні місця, розробити заходи з профілактики, відповідно до яких визначити кошти для асигнування. Крім того, даний метод можна застосовувати для проведення порівняльного аналізу ступеня ризику для різних підрозділів підприємства зі схожими умовами праці. До переваг цього методу також слід віднести простоту та наочність, крім того, він не потребує великої кількості статистичних даних і знань експертів.

Утім, метод має ряд суттєвих недоліків. Одним з них є спрощений підхід до визначення розподілу випадкової величини. Це означає, що застосування методу можливе тільки у тих випадках, коли може бути визначений розподіл випадкової величини (в окремому випадку – розподіл Пауссона) [8]. За інших умов метод непридатний. Однак шляхом обробки статистичних даних про нещасні випадки, що сталися, можна отримати розподіл випадкової величини (відмінний від розподілу

Пауссона).

Для знаходження невідомої залежності за вибірковими даними можна використати різні методи, зокрема, статистичний метод планування факторних експериментів, регресійний аналіз [1]. Однак ці методи вимагають великого обсягу статистичних даних, що на практиці виконати важко. До числа недоліків методу можна віднести невисоку точність прогнозів, суб'єктивний характер вибору вигляду конкретної залежності [8]. Крім того, регресійний аналіз вимагає відбору даних, де число змінних не більше числа рядків (точок спостереження).

З проведеного дослідження видно, що існує багато методів аналізу виробничого травматизму та профзахворювань. Однак, більшість з них непридатна для застосування щодо профзахворювань.

За своєю природою професійна захворюваність є більш розповсюдженою, ніж травматизм або аварії, що підтверджується офіційною статистикою. На відміну від останніх, рівень профзахворюваності не тільки не зменшується порівняно з іншими роками, а іноді й зростає у деяких галузях промисловості [9], [10]. У першу чергу це стосується хронічних профзахворювань, набутих людиною через тривалу дію шкідливого фактора. Таким чином, хронічні профзахворювання мають накопичуваний характер, а отже, є більш прогнозованою величиною за травматизм та аварії, тому щодо них справедливим буде такий вираз:

$$R = F(X) = F(X_1, X_2, \dots, X_n), \quad (7)$$

де  $R$  – рівень профзахворюваності;

$X = \{X_1, X_2, \dots, X_n\}$  – множина факторів, що зумовлює рівень професійної захворюваності (час, упродовж якого працівник знаходиться під впливом небезпечного чи шкідливого фактора, доза та умови праці).

Загалом ці фактори діють на працівників не впродовж усієї робочої зміни. Можна стверджувати, що працівники не зазнають шкідливого впливу під час налагодження та підготовки пристроїв і механізмів до роботи, при вмиканні установок для запуску технологічного процесу, а також перебування працівника поза впливом шкідливого фактора (відпочинок, тимчасова відсутність на робочому місці тощо).

Нехай  $t_n$  – час початку дії на працівника шкідливого виробничого фактора (шуму, вібрації, пилу). Саме з цього моменту починається відлік впливу вищенаведених факторів,  $t_k$  – час закінчення дії на працівника шкідливого фактора, до якого належить час вимкнення технологічного процесу, установок та пристроїв, функціонування яких супроводжувалося дією цих факторів.

Таким чином, загальний час дії фактору буде розраховано за формулою:

$$T = \sum_{i=1}^N (t_1^k - t_1^n) = \sum_{i=1}^N \Delta t_i, \quad (8)$$

де  $T$  – загальний час дії фактору на працівника;  $t_i^k, t_i^n$  – час закінчення та початку дії на працівника фактору протягом  $i$ -го проміжку часу.

Таким чином, якщо фіксувати час початку й завершення впливу шкідливого фактору, є можливість визначити сумарний час його дії. Якщо знати умовну дозу впливу шкідливого фактора на працівника за цей проміжок часу, то можна обчислити «ступінь профзахворюваності» за певний час. З цього випливає, що систематично фіксуючи значення  $t_i^k, t_i^n$  протягом робочої зміни та маючи довідникові дані щодо дози впливу шкідливих факторів на організм людини, можна спрогнозувати та виявити залежність рівня профзахворюваності від часу дії та дози факторів.

Дослідження вищевказаних методів прогнозування травматизму показує, що вони не можуть ефективно використовуватися для аналізу профзахворювань, передусім, через



різну специфіку даних явищ. Якщо припустити, що профзахворювання – це найпростіший потік подій (випадкова перервна величина, яка може набувати лише позитивні числа), то у відповідності з законом Пуассона за умовний період часу  $t$  вірогідність безпечної роботи при  $K$  подіях можна визначити, як

$$P_{K(t)} = \frac{(t\lambda)^K e^{-\lambda t}}{K!}, \quad (9)$$

де  $\lambda$  – інтенсивність потоку, тобто число подій, що відбувається за одиницю часу,  $K = 0, 1, 2, \dots, n$  [6].

Отже, якщо  $\lambda$  – інтенсивність профзахворюваності, то ймовірність відсутності загрози отримання профзахворювання за час  $t$  можна вирахувати за формулою:

$$P_{K=0}(t) = e^{-\lambda t}. \quad (10)$$

Імовірність хоч би одного випадку профзахворюваності за той же період

$$P_{K>0}(t) = 1 - e^{-\lambda t}. \quad (11)$$

Такий підхід дозволить отримати прогнозовану оцінку профзахворюваності на підприємстві. Для отримання достовірного прогнозу, важливим завданням є визначення  $\lambda$ , тобто середнього значення подій за певний проміжок часу.

### **ВИСНОВКИ та перспективи подальших досліджень.**

Для вирішення вище наведених завдань та з метою забезпечення наукового обґрунтування процесу прийняття рішень з профілактики професійних захворювань, зокрема, у випадку, коли інформація про можливі наслідки проведення заходів з охорони праці відсутня або не може бути розрахована за допомогою відомих методів, необхідно створити спеціальний математичний апарат для визначення величини зниження збитків та інформаційно-аналітичну систему [11], яка б дозволила:

- забезпечити керівників підприємств, фахівців відділів (служб) охорони праці та інших зацікавлених осіб систематизованою, актуалізованою інформацією з питань ЗІЗ;
- прогнозувати наслідки дії на працівників множини шкідливих факторів залежно від умов праці на конкретних робочих місцях;
- обґрунтувати плани працезахоронних заходів залежно від умов праці на підприємстві.

### **СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ**

- [1] Р. І. Пахомов, Г. М. Гасій, І. О. Білоус та Т. В. Лаврут, «Аналіз, прогнозування та профілактика травматизму з важкими наслідками», *Збірник наукових праць Харківського національного університету Повітряних Сил*, № 2 (43), с. 139–144, 2015.
- [2] Т. Ю. Єрічева, «Виробничий травматизм: актуальні аспекти та методи аналізу причин», *Вісник НТУ «ХПИ». Механіко-технологічні системи та комплекси*, № 19 (1241), с. 131–135, 2017.
- [3] В. М. Стрілець та В. М. Лобойченко, «Вдосконалення методів експертних оцінок для розрахунку професійного ризику», *Проблеми надзвичайних ситуацій: збірник наукових праць Національного університету цивільного захисту України*, № 17, с. 198–205, 2013.
- [4] О. В. Третьяков, І. П. Харченко та Я. С. Піхота, «Підвищення достовірності

- показників статистичного методу оцінки виробничого травматизму», *Науково-технічний збірник «Комунальне господарство міст». Технічні науки і архітектура*, № 120 (1), с. 69–74, 2015.
- [5] О. В. Альбошій, Є. В. Доронін, О. В. Третьяков та В. І. Д'яконов, «Підходи до врахування професійного травматизму при плануванні діяльності підприємства», *Науковий журнал «Інженерія природокористування»*, № 1 (11), с. 109–113, 2019.
- [6] В. І. Надрага, «Методичні засади оцінювання професійних ризиків», *Економічний вісник Донбасу*, № 2 (36), с. 193–199, 2014.
- [7] Л. П. Присяжна, В. О. Сметанкін, Л. М. Переверзева та Н. В. Немічева, «Класифікація методів аналізу травматизму», *Вісник Харківського національного автомобільно-дорожнього університету*, № 59, с. 60–63, 2012.
- [8] К. Н. Ткачук та О. Є. Кружилко, *Прогнозування виробничого травматизму: монографія*. Київ, Україна: Основа, 2014.
- [9] О. А. Трюхан, «Профілактика професійних захворювань: теоретичний аспект», *Юридичний науковий електронний журнал*, № 4, с. 66–69, 2018.
- [10] Л. М. Гордійчук, «Аспекти виробничого травматизму та професійна захворюваність», *Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини і біотехнологій імені С. З. Гжицького*, № 19 (76), с. 136–138, 2017.
- [11] О. Г. Левченко та Ю. О. Полукаров, «Передумови розроблення нової інформаційно-аналітичної системи оцінки комплексу шкідливих і небезпечних факторів під час зварювання та споріднених технологій», *Геоінженерія: науково-технічний журнал*, № 1, с. 57–65, 2020.
- DOI: <https://doi.org/10.20535/2707-2096.1.2020.193986>

Стаття надійшла до редакції 18.01.2021