

О.Є. Кружилко, д-р техн. наук, Ю.А. Кириченко (ДУ «ННДІПБОП»),  
Г.В. Демчук, канд. техн. наук, О.І. Полукаров, канд. техн. наук (НТУУ «КПІ»),  
С.В. Сукач, канд. техн. наук (КНУ ім. М. Остроградського)

## **МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ КОЕФІЦІЄНТА ВАЖКОСТІ ВИРОБНИЧОГО ТРАВМАТИЗМУ НА ПІДПРИЄМСТВАХ ВУГІЛЬНОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ**

Результати наукових досліджень, спрямованих на поліпшення управління охороною праці, не завжди знаходили практичне застосування на підприємствах і в органах державної влади. Розроблені методики потребують наявності актуалізованих даних, а також вимагають проведення значної кількості операцій з обробки цих даних. Відсутність спеціалізованих інформаційних систем ускладнює, а в окремих випадках навіть унеможлиблює застосування результатів досліджень [1–3].

Наведене вище призводить до того, що при здійсненні управління охороною праці переважають досвід та інтуїція керівників, а в умовах відсутності дієвої інформаційно-аналітичної підтримки використовуються фрагментарні дані та суб'єктивні оцінки.

Нещасні випадки на виробництві та професійні захворювання були й залишаються величезною людською трагедією, причиною найбільш масштабних соціально-економічних втрат. Разом з тим, рівень виробничого травматизму та професійної захворюваності залишаються важливішими показниками, що характеризують ефективність управління охороною праці. Як свідчать численні дослідження, виробничий травматизм зумовлений дією великої кількості чинників (в окремих випадках їх може бути кілька десятків), а виробнича травма трапляється, переважно, при їх комбінованій дії [1].

Для проведення експериментального дослідження щодо оперативного планування як найбільш актуальний показник, що характеризує стан охорони праці на підприємствах, обрано коефіцієнт важкості виробничого травматизму. Для моделювання вказаного коефіцієнта було проведено збір та дослідження даних про виробничий травматизм за формою Н-1 і повідомленнями про наслідки нещасного випадку за формою Н-2, а також за приписами територіальних органів Держгірпромнагляду України (далі – Держгірпромнагляд). З використанням інформаційної системи «Облік та аналіз травматизму»

було зібрано дані про 230 випадків настання виробничого травматизму, що сталися у 2007 ... 2008 рр. на трьох вугільних шахтах Донецького вугільного басейну.

Проведений аналіз зібраних даних дозволив визначити деякі особливості виробничого травматизму на шахтах. Встановлено, що протягом кварталу на шахтах стається від 10 до 25 нещасних випадків із втратою працездатності на один або більше днів. При цьому значна кількість нещасних випадків ставалась у підземних виробках вугільних шахт, на головних ділянках виробництва – в очисних і підготовчих виробках, де травмувалися переважно робітники провідних шахтних професій – гірники очисних і підготовчих виробок, робітники, які обслуговують гірниче устаткування, електромеханіки та електромонтажники.

Для побудови математичної моделі, що встановлює залежність коефіцієнта важкості виробничого травматизму від чинників, що впливають, запропоновано побудувати математичні моделі, що встановлюють залежності кількості днів непрацездатності для випадків із втратою працездатності на один і більше днів, і кількість нещасних випадків від множини чинників, що впливають. При цьому зроблено припущення, що на кількість днів непрацездатності впливають такі чинники, як види подій та причини настання нещасних випадків, а також вік і загальний стаж роботи потерпілих в результаті нещасних випадків. Кількість нещасних випадків залежить від кількості усунених порушень вимог НПАОП та обсягів фінансування заходів з охорони праці.

З урахуванням викладеного, математична модель коефіцієнта важкості виробничого травматизму має такий вигляд:

$$K_B = \frac{K_{ДН}}{K_{НВ}} = \frac{F_1(PR, VP, VK, ST)}{K_{НВ}}, \quad (1)$$

де  $K_{ДН}$  – кількість днів непрацездатності для випадків із втратою працездатності на один і більше днів;

$K_{НВ}$  – кількість нещасних випадків;

$F_1$  – математична модель, що встановлює аналітичну залежність кількості днів непрацездатності від множини чинників, що впливають;

$PR, VP$  – питома вага причин нещасних випадків і виду подій відповідно;

$VK, ST$  – змінні, що апроксимують питому вагу виду подій та загального стажу роботи потерпілих у результаті нещасних випадків, відповідно.

Кількість днів непрацездатності в результаті нещасних випадків за визначений період часу визначається за формулою:

$$K_{ДН} = \sum_{i=1}^{K_{НВ}} K_{ДН}^i, \quad (2)$$

де  $K_{ДН}^i$  – кількість днів непрацездатності в результаті настання  $i$ -го нещасного випадку.

Встановлено, що до нещасних випадків з кількістю днів непрацездатності понад тридцять призводять визначені комбінації причин і видів подій. При цьому питома вага причини «Порушення трудової і виробничої дисципліни» становить 82,17 %, а сумарна питома вага подій «Падіння, обрушення, обвалення предметів, матеріалів, породи, ґрунту тощо», «Інші види подій» та «Падіння потерпілого» становить 76,08 %. Можна зробити висновок, що питома вага нещасних випадків, зумовлених комбінацією зазначених причин і видів подій становить 62,51 % від загальної кількості нещасних випадків.

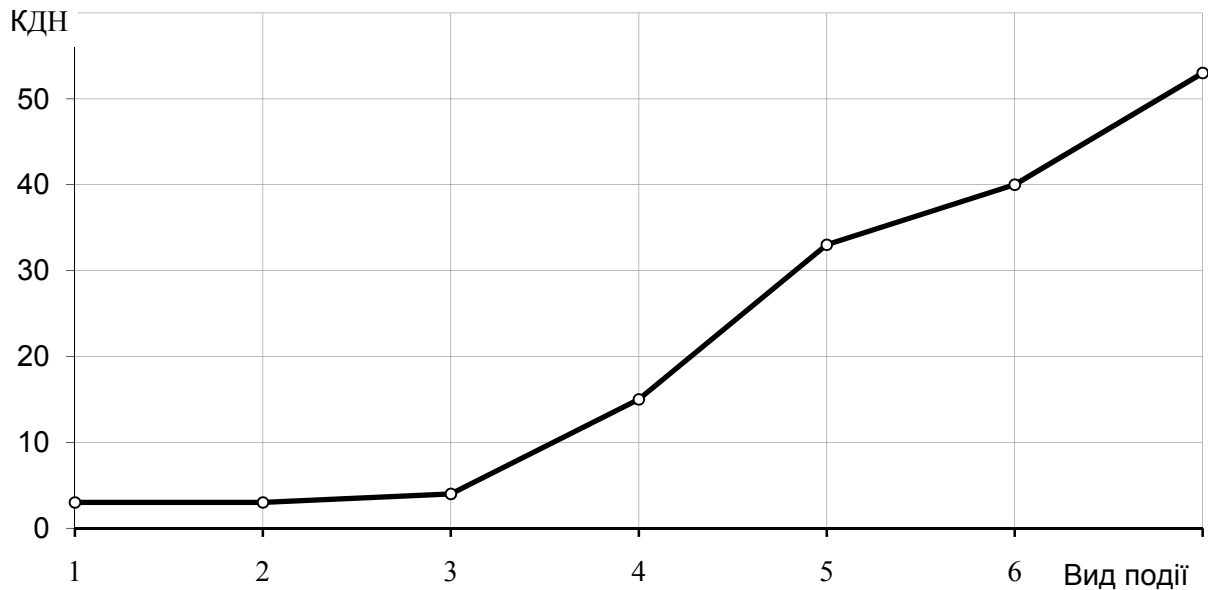
Розрахунковим шляхом встановлено, що максимальні значення кількості днів непрацездатності досягаються при тих нещасних випадках, що характеризуються причинами «Порушення трудової і виробничої дисципліни» (ці причини мають максимальну питому вагу) та одночасно видами подій, що мають питому вагу більшу за 1,3 % («Падіння, обрушення, обвалення предметів, матеріалів, породи, ґрунту тощо», «Інші види подій», «Падіння потерпілого», «Дія предметів та деталей, що рухаються, розлітаються, обертаються»). Такі нещасні випадки характеризують порівняно великою кількістю днів непрацездатності (від 13 до 53). Решта комбінацій питомої ваги причин та видів подій, що призвели до настання нещасного випадку, призводять до порівняно легких травм, що характеризуються незначною кількістю днів непрацездатності (до 10).

Графічну інтерпретацію отриманої залежності представлено на рис. 1.

Як видно з рис. 1, до нещасних випадків з кількістю днів непрацездатності понад тридцять призводять комбінації причини «Порушення трудової і виробничої дисципліни» та видів подій, що мають питому вагу більшу за 1,3 %.

У результаті статистичної обробки даних розраховано питому вагу для комбінацій причин та видів подій, що призвели до настання нещасного випадку.

Підставивши математичну модель, що встановлює залежність кількості днів непрацездатності потерпілих від множини чинників, що впливають (формула (3)), у формулу (1), отримано:



**Рис. 1. Залежність кількості днів непрацездатності в результаті нещасних випадків ( $K_{ДН}$ ) з причини «Порушення трудової і виробничої дисципліни» від питомої ваги видів подій:**

**1 – «Падіння, обрушення, обвалення предметів, матеріалів, породи, ґрунту тощо»; 2 – «Інші види подій»; 3 – «Падіння потерпілого»; 4 – «Дія предметів та деталей, що рухаються, розлітаються, обертаються»; 5 – «Навмисне вбивство або травма, заподіяна іншою особою»; 6 – «Дорожньо-транспортна пригода»; 7 – «Дія підвищених температур»**

$$K_B = \frac{1}{K_{HB}} \sum_{i=1}^{K_{HB}} (3,8946 - 0,0182 PR_i - 0,0168 VP_i + 0,0168 PR_i \cdot VP_i). \quad (4)$$

Використання результатів моделювання дозволяє підвищити ефективність планування оперативних профілактичних заходів зі зниження рівню кількості днів непрацездатності. Практичне застосування отриманих результатів полягає в наступному. Мінімізація коефіцієнта важкості травматизму  $K_B$  досягається в результаті мінімізації кількості днів непрацездатності (див. формулу (3), чисельник  $K_{ДН}$ ). Це твердження зумовлено особливостями сфери охорони праці, коли збільшення кількості нещасних випадків (знаменник  $K_{HB}$ ) не може бути виправданим.

При плануванні заходів щодо зменшення рівня коефіцієнта важкості травматизму на підприємствах вугільної промисловості використано результати статистичної обробки даних і математичного моделювання.

Встановлено, що нещасні випадки, що призводять до найбільшої кількості днів непрацездатності (див. рис. 1), зумовлені причиною «Порушення трудової і виробничої дисципліни» та подіями «Падіння, обрушення, обвалення предметів, матеріалів, породи, ґрунту тощо», «Інші види подій» та «Падіння потерпілого». Зазначені випадки сталися внаслідок неналежного стану робочих місць (недостатньо закріплений забій, неякісно зроблена обробка навислих шматків породи кривлі, недостатньо надійно закріплена рама арочного кріплення тощо). Разом з тим, практично у всіх цих випадках у діях самих потерпілих спостерігались неухважність, необережність або недбалість. Тобто, вказані нещасні випадки трапились через збіг обставин, а саме – неналежний стан робочих місць та неухважне ставлення працівника до роботи, яку він виконував. Викладене дає підстави стверджувати, що цих нещасних випадків можна було б уникнути, якби було більш дієво організовано профілактичну роботу. Отже, основним змістом заходів щодо усунення причин нещасних випадків з метою недопущення їх у майбутньому мають бути:

забезпечення належного стану робочих місць;

доведення до відома працюючих причин і обставин нещасних випадків, що сталися;

проведення позапланових інструктажів, перевірок знань з охорони праці.

Реалізація заходів щодо запобігання нещасним випадкам на шахтах, що зумовлені причиною «Порушення трудової і виробничої дисципліни», не потребує значних обсягів фінансування. Разом з тим слід відзначити, що дієвість вжитих заходів може бути суттєво підвищена, якщо на шахтах буде організовано на належному рівні процес навчання з охорони праці з обов'язковими рекомендаціями щодо безпечного ведення робіт.

Таким чином, запропонований підхід до планування заходів щодо зменшення рівня коефіцієнта важкості травматизму передбачає використання результатів статистичної обробки даних про виробничий травматизм та математичного моделювання. Насамперед, визначаються ті чинники, що мають вплив на коефіцієнт важкості травматизму, кількісно оцінюється ступінь цього впливу, виконується поглиблений аналіз та опрацьовуються обґрунтовані працезохоронні заходи.

### Список літератури

1. Охорона праці / [К.Н. Ткачук, А.О. Гурін, П.В. Бересневич та ін.]; за ред. К.Н. Ткачука. – К.: Охорона праці, 1998. – 320 с.

2. Водяник А.О. Методологічні основи врахування фактора ризику в профілактиці виробничого травматизму: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д-ра техн. наук / А.О. Водяник, ННДПБОП. – К., 2008. – 36 с.

3. Кружилко О.Є. Наукові засади оперативного управління охороною праці: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д-ра техн. наук / О.Є. Кружилко, ННДІПБОП. – К., 2011. – 36 с.

4. Кружилко О.Є. Методика застосування регресійного аналізу для моделювання показників умов праці зварювального виробництва / Кружилко О.Є., Майстренко В.В. Полукаров Ю.О. // Вісник Житомирського державного технологічного університету. – Житомир: ЖДТУ. – 2004. – Вип. IV (31), том II. – С. 197–204.

*Дата подання статті до збірника 26.02.2013*