

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ КОЕФІЦІЕНТУ ЧАСТОТИ ВИРОБНИЧОГО ТРАВМАТИЗМУ НА ПІДПРИЄМСТВАХ ВУГІЛЬНОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

Т. М. Таїрова

ДУ «Національний науково-дослідний інститут промислової безпеки і охорони праці»
вул. Вавилових, 13, м. Київ, 04060, Україна. E-mail: tairovatn@ukr.net

Л. О. Мітюк

Національний технічний університет України «КПІ»
просп. Перемоги, 37, м. Київ, 03056, Україна.

Проведено аналіз стану виробничого травматизму на підприємствах вугільної галузі залежно від обсягів вуглевидобутку і чисельності працюючих. Побудовано трендові моделі, які описують зміни виробничого травматизму і обсягів вуглевидобутку у часі, і на їх основі розраховані короткострокові прогностичні значення досліджуваних показників. Вивчені найбільш травмонебезпечні фактори, віковий склад загиблих і причини виробничого травматизму зі смертельним наслідком. Розроблено критерії встановлення осіб, які допустили порушення вимог законодавства про охорону праці і чий дії або бездіяльність призвели до настання нещасних випадків із тяжкими та смертельними наслідками на підприємствах вугільної галузі. Побудовано математичну багатофакторну модель, що описує залежність коефіцієнту частоти виробничого травматизму від обсягу видобутку вугілля і дій працівника і роботодавця щодо дотримання вимог охорони праці на підприємствах вугільної галузі. Встановлено, що найбільший вплив на коефіцієнт частоти виробничого травматизму має фактор, який характеризує діяльність або бездіяльність роботодавця щодо створення безпечних умов праці.

Ключові слова: математична модель, множинна регресія, виробничий травматизм, коефіцієнт частоти.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ КОЭФФИЦИЕНТА ЧАСТОТЫ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ТРАВМАТИЗМА НА ПРЕДПРИЯТИЯХ УГОЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Т. М. Таїрова

ГУ «Национальный научно-исследовательский институт промышленной безопасности и охраны труда»
ул. Вавиловых, 13, г. Киев, 04060, Украина. E-mail: tairovatn@ukr.net

Л. А. Митюк

Национальный технический университет Украины «КПИ»
просп. Победы, 37, г. Киев, 03056, Украина.

Проведен анализ состояния производственного травматизма на предприятиях угольной отрасли в зависимости от объемов угледобычи и численности работающих. Построены трендовые модели, описывающие изменения производственного травматизма и объемов угледобычи во времени, и на их основе рассчитаны краткосрочные прогнозные значения исследуемых показателей. Изучены наиболее опасные факторы, возрастной диапазон погибших и причины производственного травматизма со смертельным исходом. Разработаны критерии установления лиц, допустивших нарушения законодательства по охране труда и чьи действия или бездействие привели к несчастным случаям с тяжелыми и смертельными последствиями на предприятиях угольной отрасли. Построено математическую многофакторную модель, которая описывает зависимость коэффициента частоты производственного травматизма от объемов угледобычи, действий работника и работодателя по соблюдению требований охраны труда на предприятиях угольной отрасли. Установлено, что наибольшее влияние на коэффициент частоты производственного травматизма оказывает фактор, характеризующий действия или бездействие работодателя по созданию безопасных условий труда.

Ключевые слова: математическая модель, множественная регрессия, производственный травматизм, коэффициент частоты.

АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ. Високий рівень виробничого травматизму є однією з основних проблем вугільної промисловості у всіх країнах світу. Порівняно з іншими галузями виробництва у вуглевидобувній галузі України реєструється надзвичайно високий рівень виробничого травматизму, відносна кількість травмованих у вугільній галузі в 2000–2012 роках становила 35–40 % від загальної кількості травмованих у країні. Розв'язання цієї проблеми ускладнюється численними порушеннями технологічної і виробничої дисципліни на багатьох шахтах, недоліками в організації державного нагляду за безпечним веденням гірничих робіт на вуглевидобувних підприємствах усіх форм власності. Адже майже 96 % шахт працюють понад 20 років без реконструкції, понад 50 % машин і устаткування для

видобутку вугілля повністю зношені. Тому проблема зниження рівня виробничого травматизму в галузі є актуальним напрямком наукових досліджень. Наукові розробки у цій сфері характеризуються різноманітністю підходів і методичного апарату досліджень та в основному спрямовані на прогнозування показників виробничого травматизму і охорони праці. Значний внесок у вирішення питання безпеки праці на вуглевидобувних підприємствах зробили такі вчені, як Дерев'янський, В.Ю. Любовський Ю.С. [1], Кружилко О.Е., Ткачук К.Н. [2], Митрофанова Т.Н. [3], Чигарьов В.В. [4], Єсипенко А.С. [5] та інші.

Отже, проблема безпеки праці на підприємствах вугільної галузі є актуальною і потребує подальшо-

го її розвитку в теоретичних і практичних аспектах, що і зумовило вибір напрямку дослідження.

Метою статті є визначення основних факторів, у тому числі зовнішніх, що впливають на рівень виробничого травматизму, і побудова математичної моделі, яка встановлює залежність коефіцієнта частоти загального травматизму від множини факторів, що призводять до настання нещасних випадків на підприємствах вугільної галузі.

МАТЕРІАЛ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Аналіз виробничого травматизму на підприємствах вугільної галузі проводили на основі звітів Держгірпромнагляду України і матеріалів спеціального розслідування нещасних випадків із тяжкими і смертельними наслідками за 2006–2013 роки. Останнім часом у дослідженнях й у практиці аналізу виробничого травматизму науковці частіше орієнтуються на вплив зовнішніх чинників на травматизм. У даній роботі наведено результати досліджень тенденцій змін виробничого травматизму на підприємствах вугільної галузі з урахуванням таких зовнішніх чинників, як обсяг видобутку вугілля і кількість працюючих в галузі.

При аналізі даних про стан безпеки праці на підприємствах вугільної галузі за 2006–2013 роки було встановлено тенденцію до зменшення абсолютних показників виробничого травматизму в галузі. В 2013 році рівень загального травматизму на підприємствах вугільної промисловості знизився на 13,8 %, а смертельного – на 17,4 %. Зниження рівня виробничого травматизму в 2013 році, як і в попередні роки, спостерігалось на тлі зменшення кількості працюючих у вугільній галузі при зростанні обсягу видобутку вугілля.

Так, на 1 млн тонн видобутого вугілля у 2012 році травмувалось майже в шість разів, а загинуло – майже в три рази менше шахтарів ніж у 2000 р. Дослідження динаміки змін обсягів видобутку вугілля в Україні за період 2000–2008 роки вказують на коливання показників видобутку вугілля в межах 75–84 млн т на рік, а починаючи з 2009 року – на стійку тенденцію до збільшення обсягів видобутку (рис. 1).

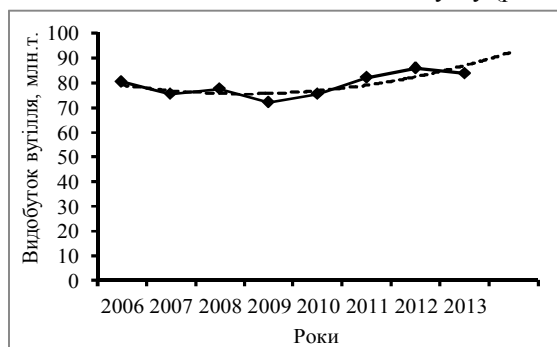


Рисунок 1 – Динаміка змін обсягів видобутку вугілля

Загальну тенденцію змін обсягів видобутку вугілля найкраще з усіх розглянутих видів рівнянь відображає параболічне рівняння тренду (1):

$$y = 0,565t^2 - 3,982t + 82,625, \quad (1)$$

де y – обсяг видобутку вугілля, млн. т.

Оцінку якості рівняння тренду проводили за допомогою помилки абсолютної апроксимації, яка дорівнювала 2,99 % і вказувала на те, що рівняння тренду добре підібрано до вихідних даних. Індекс детермінації R^2 становив 0,66 і підтверджував точність вибору рівняння тренду. За умови, що визначена тенденція змін обсягу видобутку вугілля збережеться у 2014 році, точковий прогноз обсягу видобутку вугілля на 2014 рік, розрахований за рівнянням тренду (1), становить 92,59, а інтервальний – 84–101,18 млн т вугілля.

Для подальшого дослідження тенденцій змін і визначення прогнозних показників виробничого травматизму використовували коефіцієнт частоти нещасних випадків (Кч) за певні періоди часу. Такий підхід є більш коректним при порівняльному аналізі показників виробничого травматизму, ніж використання абсолютних показників, оскільки чисельність працюючих суттєво впливає на рівень травматизму (рис. 2).

Загальну тенденцію змін коефіцієнта частоти виробничого травматизму найбільш повно відображає лінійне рівняння тренду:

$$Y = -1,00t + 18,703, \quad (2)$$

де Y – коефіцієнт частоти виробничого травматизму.

Оцінка якості рівняння тренду за допомогою помилки абсолютної апроксимації, яка дорівнює 2,47 %, вказує на добрий підбір рівняння тренду коефіцієнта частоти виробничого травматизму до вихідних даних.

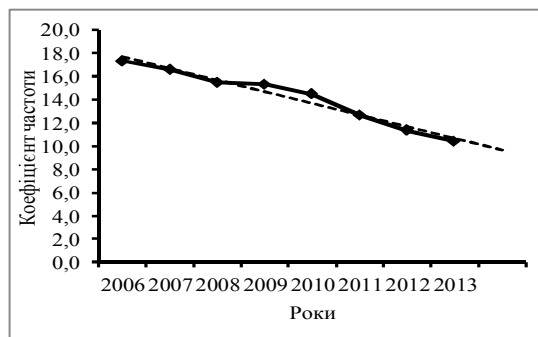


Рисунок 2 – Динаміка змін коефіцієнта частоти виробничого травматизму

Коефіцієнт детермінації 0,97 підтверджує високу точність вибору рівняння тренду. Точковий прогноз коефіцієнта частоти виробничого травматизму для вугільної галузі на 2014 рік, розрахований за рівнянням тренду (2), становить 9,7, а інтервальний прогноз – 8,34–11,06.

Підсумовуючи викладене, можна зазначити, що в 2014 році, за умови збереження тенденції попередніх років, передбачається зростання обсягу видобутку вугілля на тлі подальшого зменшення як виробничого травматизму, так і кількості працюючих на підприємствах вугільної галузі.

Враховуючи, що з кожним роком рівень зношеності машин і устаткування для видобутку вугілля зростає, необхідні додаткові дослідження обставин настання нещасних випадків у вугільній галузі.

Для аналізу виробничого травматизму, в основному, використовуються дані статистики, які дають змогу визначити традиційні показники травматизму, а саме, причини, події, професії потерпілих, устаткування, робота на якому призвела до настання нещасних випадків. Однак необхідно зазначити, що тільки поглиблене вивчення матеріалів спеціальних розслідувань нещасних випадків на виробництві дає змогу провести пофакторний аналіз травматизму з встановленням зв'язку подія – причина – заходи щодо усунення причин настання нещасного випадку за галузями економіки, адже між обставинами, причинами і заходами існує тісний логічний зв'язок.

Крім цього, поглиблений аналіз дозволяє отримати дані щодо вікового складу загиблих і визначити його зв'язок з подіями і причинами травмування, станом справності обладнання експлуатація, якого призвела до настання нещасних випадків із тяжким і смертельним наслідком, тощо.

З метою визначення найбільш травмонебезпечних факторів у вугільній галузі було проведено аналіз матеріалів спеціального розслідування нещасних випадків за період 2005...2013 роки. Найвищий рівень тяжкого і смертельного травмування працівників на шахтах, тобто майже у 64,0 % нещасних випадків, реєструвався через:

- дію предметів та деталей, що рухаються, розлітаються, обертаються (код події (04));
- падіння, обрушення, обвалення предметів, матеріалів, породи, ґрунту (код події (03));
- падіння потерпілого (код події (02)).

Дослідження динаміки змін відносної кількості тяжко травмованих і загиблих через дію предметів та деталей, що рухаються, розлітаються, обертаються, свідчить про загальну тенденцію до зростання. Так, кількість тяжко травмованих і загиблих у 2013 році в порівнянні з 2005 роком зросла в 1,2 рази. Відносна кількість тяжко травмованих і загиблих через падіння, обрушення, обвалення предметів, матеріалів, породи, за виключенням окремих років, мала загальну тенденцію до зниження, однак в 2012 році стався злом тенденції в напрямку зростання (рис. 3).



Рисунок 3 – Динаміка змін відносної кількості загиблих за основними подіями травмування

При аналізі розподілу відносної кількості загиблих на шахтах через дію рухомих і таких, що обертаються, деталей обладнання, машин і механізмів

(код події 04.1) і обвалення та обрушення породи, ґрунту тощо (код події (03.2) за віковими інтервалами було виявлено значні вікові відмінності і встановлено ті вікові групи, в яких реєструється найвищий рівень смертельного травматизму як серед молодих працівників (віковий інтервал 18...34 роки), так і працівників старшого вікового інтервалу (35...60 років).

Найвища кількість загиблих внаслідок дії рухомих і таких, що обертаються, деталей обладнання, машин і механізмів, реєструвалась серед молоді у віковій групі 25...29 років, а через обвалення та обрушення породи, ґрунту тощо – у віковій групі 30...34 роки. Серед працівників старшого вікового інтервалу 35...60 років найбільш ризиконебезпечним віком за двома досліджуваними подіями була вікова група 45...49 років, що наочно видно з рис. 4.

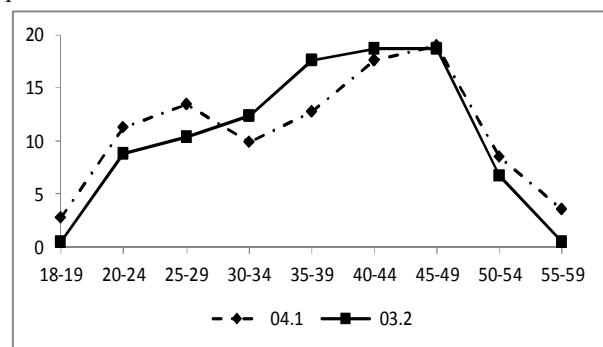


Рисунок 4 – Динаміка змін відносної кількості загиблих за віком

Причинами, що призвели до настання нещасних випадків через дію предметів та деталей, що рухаються, розлітаються, обертаються (код події 04.1) були технічні причини, середня відносна складова яких у загальній структурі причин за досліджувані роки становила понад 31,0 % і організаційні – 67,5 %. Саме організаційні причини переважно призводять до нещасних випадків із тяжким і смертельним наслідком на шахтах. Відносна кількість потерпілих з цих причин у 2006...2012 роках коливалась від 48,4 до 74,3 % (рис. 5).

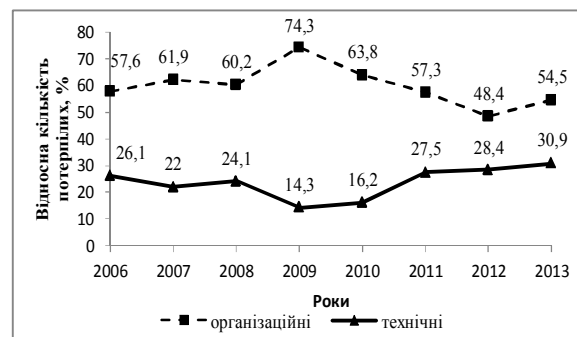


Рисунок 5 – Динаміка змін відносної кількості загиблих на шахтах з організаційних і технічних причин

Висока частка організаційних причин у настанні нещасних випадків на шахтах вказує на незадовіль-

ний рівень організації праці і охорони праці та неналежний контроль з боку керівництва підприємства. Про зазначене свідчать також результати встановлення осіб чиї дії або бездіяльність призвели до настання нещасних випадків зі смертельним наслідком через подію за кодом 04.1, адже вказані нещасні випадки стаються не через дії або бездіяльність самих потерпілих, а в основному через дії або бездіяльність роботодавця або інших осіб.

Для розроблення дієвих заходів щодо попередження виробничого травматизму недостатньо використання статистичного аналізу виробничого травматизму, заснованого на визначенні тільки традиційних показників, а саме: причин, подій, професій, устаткування тощо, оскільки зазначені вище показники не дають повної характеристики умов праці, причин травм і аварій, пов'язаних із діяльністю або поведінкою як персоналу, так і роботодавця на час настання нещасного випадку.

Врахування впливу зазначених факторів на безпеку праці на виробництві і рівень виробничого травматизму з визначенням сукупності особистісних характеристик робітника і роботодавця має сприяти підвищенню ефективності запобіжних заходів.

Багаторічні дослідження свідчать що майже 80 % усіх нещасних випадків є результатом помилкових дій учасників цих подій [6]. Помилки, упущення і інші аналогічні ситуації характерні в діях будь-яких груп і колективів, окремих індивідуумів. Кожна помилка людини – це завжди наслідок її діяльності або бездіяльності, тобто прояв її психіки, певних її аспектів. Причини помилок можуть бути пов'язані з таким факторами як робоче місце, режим праці і відпочинку, професійна підготовка, функціональний стан, робоча мотивація і ставлення у колективі.

Помилки працівника можуть бути спровоковані також відсутністю мотивації до праці, низьким рівнем кваліфікації і дисципліни на виробництві, небезпечними умовами праці тощо. У всіх випадках небезпечність проявляється тоді, коли небезпека травмування відходить на другий план, а реальність отримати користь від порушення становиться привабливою. Така ситуація найчастіше відбувається на підприємствах, де посадові особи (роботодавці) не приділяють достатньої уваги дотриманню працівниками трудової і виробничої дисципліни, засобом нагадування про небезпеку, де приховуються причини і обставини нещасних випадків і аварій, де низька мотивація до безпечної і ефективної праці. Адже високий рівень організації робіт, створення роботодавцем безпечних умов праці дозволяє працівникам не тільки повністю реалізувати свою кваліфікацію, але і безпечно і відповідально виконувати свої функції. Саме тому, законодавством з охорони праці обов'язки по забезпеченню належного рівня безпеки праці, проведення профілактичної роботи щодо запобігання настанню нещасних випадків на виробництві покладено на роботодавця.

При дослідженні виробничого травматизму у вугільній галузі і побудові математичної моделі авторами були враховані фактори, пов'язані з діяльністю або бездіяльністю як роботодавця, так і працівника.

Визначення показників, що характеризують діяльність або бездіяльність роботодавця щодо створення безпечних умов праці, а також діяльність або бездіяльність як роботодавця, так і працівника щодо дотримання трудової та виробничої дисципліни, проводили за розробленою методикою оцінювання. В основу зазначеної методика було покладено критерії, які враховували причини настання нещасних випадків і результати діяльності або бездіяльності як працівника, так і роботодавця, що призвели до настання нещасних випадків із тяжким і смертельним наслідками на шахтах.

За результатами аналізу виробничого травматизму у вугільній промисловості за період з 2005...2013 роки було встановлено, що через діяльність або бездіяльність роботодавця щодо створення безпечних умов праці щорічно в середньому ставалось понад 32,5 % нещасних випадків із тяжким і смертельним наслідком, а починаючи з 2005 року прослідковувалась стійка тенденція до зростання цього показника. Так, тільки у 2013 році на підприємствах вугільної галузі через діяльність або бездіяльність роботодавця щодо створення безпечних умов праці сталось 51,4 % нещасних випадків із тяжким і смертельним наслідком. Середній щорічний показник відносної кількості нещасних випадків з тяжким і смертельним наслідком, настання яких пов'язано з діяльністю або бездіяльністю як роботодавця, так і працівника щодо дотримання трудової та виробничої дисципліни, становив 39,4 %. Для визначення впливу досліджуваних показників на коефіцієнт частоти виробничого травматизму було побудовано математичну багатофакторну модель.

Для побудови математичної моделі коефіцієнта частоти виробничого травматизму використовували метод множинної регресії. Математична модель дає змогу оцінити ступінь впливу на досліджуваний результативний показник кожного із введених у модель факторів при фіксованому положенні на середньому рівні інших факторів і у загальному вигляді має вираз:

$$Y = f(X_1, X_2, X_3, \dots, X_n), \quad (3)$$

де Y – результативна ознака-функція; $X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$ – факторні ознаки.

При побудові математичної моделі були враховані фактори, що впливають на коефіцієнт частоти - (Y) результативну ознаку:

X_1 - діяльність або бездіяльність як роботодавця, так і працівника щодо дотримання трудової та виробничої дисципліни;

X_2 - діяльність або бездіяльність роботодавця щодо створення безпечних умов праці;

X_3 - обсяг видобутого вугілля, млн т.

Параметри рівняння множинної регресії розраховували методом найменших квадратів (МНК), який заснований на мінімізації суми квадратів помилок. Рівняння множинної регресії має такий вираз:

$$Y = 38,93 - 0,12X_1 - 0,14X_2 - 0,21X_3, \quad (4)$$

З метою встановлення залежності між факторами (колінеарності) визначили парні коефіцієнти кореляції. При відборі найбільш значимих факторів враховували такі умови:

- зв'язок між результативною ознакою і факторною вище за міжфакторний зв'язок;
- зв'язок між факторами – не більше 0,7.

Матрицю парних коефіцієнтів кореляції, за значеннями яких визначається загальний коефіцієнт кореляції R , наведено в табл.1.

Таблиця 1– Матриця парних коефіцієнтів кореляції

Показник	y	x ₁	x ₂	x ₃
y	1	-0,28	-0,86	-0,69
x ₁	-0,28	1	0,0339	0,16
x ₂	-0,86	0,0339	1	0,38
x ₃	-0,69	0,16	0,38	1

Проведені розрахунки показали, що всі парні коефіцієнти кореляції $|r| < 0,7$, що свідчить про відсутність мультиколінеарності факторів.

При перевірці значимості парних коефіцієнтів кореляції за допомогою t-критерію Стьюдента встановлено, що найбільший вплив на результативну ознаку має фактор X_2 (діяльність або бездіяльність роботодавця щодо створення безпечних умов праці) ($r = -0,86$).

Тісноту сумісного впливу факторів на результативну ознаку оцінювали за індексом множинної кореляції, який дорівнював 0,96, тобто наближався до 1, що дало підставу вважати, що параметри регресійної моделі суттєво впливають на результативну ознаку.

Розрахунки показали, що довірчі інтервали з імовірністю 0,95 для індивідуального значення результативної ознаки знаходяться в межах 22,61; 55,25.

Перевірка математичної моделі на адекватність F-критеріям Фішера свідчить про те, що розрахункове значення $F_{\text{фак}}$ значно перевищує значення $F_{\text{кр}}$:

$$F = \frac{R^2(n - m - 1)}{(1 - R^2)m} = \frac{0,93 \cdot (8 - 3 - 1)}{(1 - 0,93) \cdot 3} = 17,37. \quad (5)$$

Табличне значення при ступенях свободи $k_1 = 3$ і $k_2 = n - m - 1 = 8 - 3 - 1 = 4$, $F_{\text{кр}}(3;4) = 6,59$.

Оскільки фактичне значення $F_{\text{фак}} > F_{\text{кр}}$, то коефіцієнт детермінації статистично значимий і модель є адекватною.

При побудові регресійної моделі за МНК важливим є незалежність значень випадкових відхилень від значень відхилень у всіх інших спостереженнях, що гарантує відсутність корельованості між будь-якими відхиленнями. Автокореляція (послідовна кореляція) визначається як кореляція між показниками, за якими спостерігають, упорядкованими у часі або у просторі.

Наслідки автокореляції сході з наслідками гетероскедастичності, тобто висновки за t- і F-статистиками, які визначають значимість коефіцієнта регресії і коефіцієнта детермінації, можливо будуть невірними. При цьому перевіряли некорельованість сусідніх величин e_i (табл. 2).

Для виявлення наявності автокореляції використовували статистику Дарбіна-Уотсона:

$$DW = \frac{\sum (e_i - e_{i-1})^2}{e \sum_1^2 \varepsilon}, \quad (6)$$

де e_i – оцінка відхилення ε ; ε – випадкова помилка (відхилення).

Таблиця 2 – Визначення некорельованості відхилень

y	y(x)	$e_i = y - y(x)$	e^2	$(e_i - e_{i-1})^2$
17,34	16,43	0,91	0,82	0
16,59	16,01	0,58	0,34	0,11
15,48	16,74	-1,26	1,59	3,39
15,3	15,16	0,14	0,02	1,97
14,48	14,85	-0,37	0,13	0,26
12,66	12,34	0,32	0,1	0,47
11,32	11,63	-0,31	0,0963	0,39
10,42	10,43	-0,00685	4,7E-5	0,0921
			3,1	6,68

Підставляючи данні з табл. 2 у формулу (6) визначаємо DW :

$$DW = \frac{6,68}{3,1} = 2,15.$$

Критичні значення d_1 і d_2 визначали на основі спеціальних таблиць для необхідного рівня значимості α , кількості спостережень $n=8$ і кількості змінних $m=3$.

Автокореляція відсутня, якщо виконується така умова:

$$d_1 < DW \text{ и } d_2 < DW < 4 - d_2.$$

Користуючись приблизним правилом вважаємо, що автокореляція залишків відсутня якщо $1,5 < DW < 2,5$. Оскільки в наших розрахунках $1,5 < 2,15 < 2,5$, то автокореляція залишків відсутня.

За таблицею Дарбіна-Уотсона для $n=8$ і $k=3$ (рівень значимості 5 %) знаходимо: $d_1 = 0,82$; $d_2 = 1,75$.

Оскільки $0,82 < 2,15$ і $1,75 < 2,15 < 4 - 1,75$, то автокореляція залишків відсутня.

ВИСНОВКИ. Проведено поглиблений аналіз виробничого травматизму з тяжким і смертельним наслідком на шахтах України, визначено внутрішні і зовнішні фактори, що суттєво впливають на його рівень.

Розроблено методику визначення осіб, діяльність або бездіяльності яких призвела до настання нещасних випадків з тяжким і смертельним наслідками на шахтах, в основу якої покладено критерії, які враховують причини настання нещасних випадків.

Побудовано математичну модель залежності коефіцієнта частоти виробничого травматизму на підприємствах вугільної галузі від обсягів видобутку вугілля і показників, що характеризують як діяльність або бездіяльність роботодавця щодо дотримання вимог охорони праці на підприємствах вугільної галузі, так і діяльність або бездіяльність як роботодавця, так і потерпілого щодо дотримання

трудої та виробничої дисципліни. Встановлено, що на коефіцієнт частоти виробничого травматизму на підприємствах вугільної галузі найбільше впливає фактор, який характеризує діяльність або бездіяльність роботодавця щодо створення безпечних умов праці.

Отримані дані будуть використані для подальшого удосконалення профілактичних заходів і як базова основа для прогнозування виробничого травматизму на підприємствах вугільної галузі. Перспектива подальших досліджень вбачається у виявленні інших факторів, що найбільш значимо впливають на рівень виробничого травматизму з метою формалізації узагальнених показників у вигляді математичних моделей для оптимізації безпеки праці на підприємствах вугільної галузі.

ЛІТЕРАТУРА

1. Прогноз травматизму на шахтних ленточних конвейерах / В.Ю. Деревянський, Ю.С. Любовський // Уголь України. – 2007. – № 3. – С. 34–35.

2. Побудова і дослідження математичної моделі коефіцієнта тяжкості виробничого травматизму на

підприємствах вугільної промисловості / О.Е. Кружилко, К.Н. Ткачук, А.І. Полукаров // Проблеми охорони праці в Україні. – К.: ДУ «ННДІПБОП», 2012. – Вип. 22. – С. 27–31.

3. Митрофанова Т.Н. Научное обоснование методики прогноза и способов профилактики травматизма на горных предприятиях Северо-Западного региона: автореф. дис. ... канд. техн. наук: спец. 05.26.01 Охрана труда / Санкт-Петербургский гос. горный ин-т (техн. ун-т), Санкт-Петербург. – 2002. – 23 с.

4. Методологічні аспекти прогнозування виробничого травматизму / В.В. Чигарьов, С.В. Шапошнікова, Т.Г. Данилова // Вісник Приазовського державного технічного університету. – Маріуполь: ПДТУ, 2006. – Вип. № 16. – С. 256–261.

5. Оцінка стану і проблеми промислової безпеки та охорони праці в ризиконебезпечних галузях економіки України / А.С. Єсипенко, Т.М. Таїрова, О.А. Сліпачук // Серія «Вугледобувна галузь». – К.: ДУ «ННДІПБОП», 2014. – 64 с.

6. Охрана труда: человеческий фактор и государственной контроль. – К.: ННИИПБОП, 2008. – 118 с.

THE MATHEMATICAL MODEL OF FREQUENCY COEFFICIENT OF OCCUPATIONAL INJURIES IN THE COAL INDUSTRY

T. Tairova

National Research Institute of Industrial Safety and Health
vul. Vavilovych, 13, Kiev, 04060, Ukraine. E-mail: tairovatn@ukr.net

L. Mytyuk

National Technical University of Ukraine "KPI"
prosp. Pobedy, 37, Kiev, 03056, Ukraine.

The analysis of the state of occupational injuries depending on the coal production and the number of employees was produced. The models of trends of occupational injuries and coal output in time were constructed, and on their basis short-term forecast values of studied parameters were calculated. The most dangerous factors, age range of injured workers and reasons of mortal injury in the coal industry have been studied. The criteria for determining persons who have committed violations of the law on labor protection and whose actions or inactions led to accidents with severe and mortal consequences in the coal industry have developed. Multifactorial mathematical model, that describes the dependence of the frequency coefficient of occupational injuries from the coal production, actions of employer and employee of compliance the requirements of occupational safety in the coal industry, were built. It was found that the greatest impact on the frequency coefficient of occupational injuries has a factor that characterizes the actions or inactions of employee to create safe working conditions.

Key words: mathematical model, multiple regression, occupational injuries, frequency coefficient.

REFERENCES

1. Derevyansky, V.Yu. Lyubovskyy, S. (2007), "Injuries forecast at mine belt conveyors", *Ugol Ukrainy*, no 3. pp. 34–35.

2. Kruzhylko, O.Y., Tkachuk, K.N., and Polukarov, A.I. (2012), "The construction and research of mathematical model of weight coefficient of occupational injuries in the coal industry enterpris", *Occupational health and safety issues in Ukraine*, vol. 22, pp. 27–31.

3. Mitrofanova, T.N. (2002), "Scientific substantiation of the forecast methodology and ways to prevent injuries in mines of the North-West region". Thesis abstract...Cand. Sc. (Engineering), 05.26.01, Saint Petersburg Mining Institute, St. Petersburg, Russia.

4. Chigarev, V.V., Shaposhnikova, S.V., and Danilova, T.G. (2006), "Methodological aspects of forecasting occupational injuries", *Transaction of Azov State Technical University*, no. 16, pp. 226–261.

5. Esipenko, A.S., Tairova, T.N., and Slipachuk, O.A. (2014), "Assessment and problems of industrial safety and health in the risk of danger sectors of the economy of Ukraine", *Series "Coal mining"*, SI «NRIISH», Kiev, Ukraine.

6. (2008), *Occupational safety: human factor and gosudarstvenniy control*, NRIISH, Kiev, Ukraine.

Стаття надійшла 09.07.2014.