

УДК 622.86:614.8

doi: [10.31474/1999-981X-2018-1-61-68](https://doi.org/10.31474/1999-981X-2018-1-61-68)С.В. Подкопась
С.В. Сахно

ШЛЯХИ ЗНИЖЕННЯ ВИРОБНИЧОГО ТРАВМАТИЗМУ НА ВУГІЛЬНИХ ШАХТАХ УКРАЇНИ В СВІТЛІ СВІТОВИХ ТЕНДЕНЦІЙ

Мета. Аналіз сучасного стану виробничого травматизму на вугільних шахтах в країнах-лідерах світового вуглевидобутку і пошук шляхів зниження виробничого травматизму.

Методика досліджень. В якості методів дослідження використовувались методи математичної статистики, аналіз, синтез, узагальнення.

Результати досліджень. Проаналізовано показники травматизму в вітчизняній вугільній галузі. Сформульоване завдання дослідження – аналіз шляхів зниження виробничого травматизму на вугільних шахтах України відносно світових тенденцій. Диференціація травм в вугільній галузі України і світу дозволила встановити, що одним з найнебезпечніших виробничих факторів є «обвалання порід». За інформацією 2017 року обвалення порід є причиною 9% смертельного травматизму в Україні і займає 4 позицію після вибухів газу, серцево-судинних захворювань і ураження електричним струмом. Диференціація травматизму по факторам в країнах ТОП-10 вуглевидобутку, свідчить, що, не зважаючи на різне співвідношення причин травматизму, «ввали з покрівлі» в більшості вугледобувних країн світу є одним з найбільш небезпечних факторів. Проведений аналіз показав, що рівень травматизму від вивалів порід обумовлений в першу чергу типом і надійністю кріплення. При цьому одним з найпотужніших інструментів впливу на стан порід і, відповідно, зниження руйнування і вивалів є анкерування.

Наукова новизна. Зниження травматизму від вивалів порід в Україні можливий за рахунок модифікації існуючих анкерних систем. Оцінка професійних ризиків травмування може бути проведена статистичними методами оцінки.

Практичне значення. Сформульовано напрямок удосконалення засобів забезпечення безпеки праці гірників шляхом підвищення надійності кріплення протяжних гірничих виробок.

Ключові слова: виробничий травматизм, фактори травматизму, смертельний травматизм, безпека умов праці, анкерне кріплення.

Вступ.

Не зважаючи на потужний вектор розвитку відновлювальних джерел енергії, вугілля, на долю якого припадає 27% світової генерації електрики, по оцінкам міжнародної енергетичної агенції [1], за думкою експертів, до 2040 року буде мати стабільний попит на ринці енергоносіїв. Україна має розвинуту вугільну галузь, яка, нажалю, внаслідок недостатнього фінансування і низького рівня інноваційних рішень сьогодні, в переважній більшості випадків, не відповідає сучасному світовому рівню в галузі. Але в країні наявні розвідані запаси вугілля, велика частина яких розкрита і навіть підготовлена до видобутку, є сучасна машинобудівна галузь, яка здатна забезпечувати добувний сектор якісною вітчизняною технікою. Тому перспективність вугільної галузі, в світлі дефіциту інших енергоносіїв і постійного росту цін на нафту і газ, є очевидною. Але сталий розвиток галузі можливий лише за умови реконструкції і переобладнання вітчизняних вугільних шахт.

Лідерами світового вуглевидобутку є Китай (3,8 млрд т.), США (900 млн. т), Індія (600 млн. т.), Австралія (478 млн. т) Індонезія (421 млн. т). В країнах ТОП-10 видобутку вугілля, цей сектор є доволі прибутковим. Рівень інвестицій в інновації в добувній галузі, в тому числі в проекти підвищення рівня безпеки, досить високий. Але не дивлячись на щорічний ріст рівня безпеки праці на підприємствах добувної галузі, гірництво є одним з найнебезпечніших промислових секторів. Цей факт відмічено вченими Китаю [2], США [3, 4], Індії [5], Австралії [6], Індонезії [7], ПАР [8], Ірана [9], Турції [10], Польщі [11]. Згідно зі статистикою Фонду соціального страхування України в 2017 році «...до переліку найризикованіших професій за рівнем виробничого травматизму потрапили гірник очисного забою, водій автотранспорту та прохідник. Найбільш травмонезбезпечною галуззю економіки є добувна промисловість і розроблення кар'єрів. Доля нещасних випадків тут складає 18,9%...» [12]. Слід зазначити, що показники смертельного травматизму на гірничих підприємствах в

країнах з розвинутою добувною промисловістю є одними з найвищих серед інших промислових секторів [13, 14]. Очевидно, що рівень травматизму в різних країнах неоднаковий, він залежить від рівня механізації робіт, небезпеки середовища в якому ведуть видобуток, надійності технічних засобів. Але величезну роль відіграють законодавчі норми і державна політика безпеки. Брати до аналізу азіатські і африканські країни з великою кількістю невеликих шахт, значною долею ручної праці і відсутністю сучасної нормативно-правової бази не має сенсу. Основну увагу буде приділено країнам з рівнем розвитку гірництва близькому до вітчизняного і вище.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Основними показниками по яким ведеться аналіз рівня виробничого травматизму є:

Коефіцієнт частоти:

$$K_{\text{ч}} = (N_{\text{н.в.}}/Ч) \times 1000,$$

де $N_{\text{н.в.}}$ – кількість зареєстрованих нещасних випадків (з втратою працездатності більше одного дня);

$Ч$ – середньосписочна чисельність працівників підприємства.

Коефіцієнт частоти смертельного травматизма

$$K_{\text{с}} = (N_{\text{н.с.}}/Ч) \times 1000,$$

де $N_{\text{н.с.}}$ – кількість зареєстрованих нещасних випадків з смертельним результатом.

Коефіцієнт (індекс) смертельного травматизму

$$I_{\text{с}} = N_{\text{н.в.}}/N_{\text{н.с.}}$$

Коефіцієнт важкості травматизму

$$K_{\text{т}} = O / N_{\text{н.в.}},$$

де O – загальна втрата працездатності в днях по всім нещасним випадкам без врахування смертельних.

Коефіцієнт травматизму на 1 млн тон

$$K_{\text{т}} = N_{\text{н.в.}}/A_{\text{р}},$$

де $A_{\text{р}}$ – річний видобуток вугілля, млн.т.

Крім наведених вище в світовій практиці використовуються наступні показники виробничого травматизму Fatal Injury Frequency Rates (FIFR), кількість фатальних нещасних випадків на 1 млн відпрацьованих годин, Lost Time Injury Frequency Rates (LTIFR), кількість травмованих при нещасних випадках на виробництві на 1 млн відпрацьованих годин, Lost Time Injury Severity Rates (LTISR), кількість днів непрацездатності на 1 000 000 відпрацьованих годин. Тому іноді порівняння показників травматизму між різними країнами досить важко.

Мета досліджень. Постановка задачі.

В Україні за даними узагальненого звіту відділу нагляду у вугільній промисловості про стан охорони праці на вугільних підприємствах за 2017 рік, відбулося 25 випадках смертельного травмування в вугільних шахтах [15]. Загальний коефіцієнт смертельного травматизму у вугільній промисловості на 1 млн. тонн видобутого вугілля становив 1,07. Загальна кількість нещасних випадків на шахтах підконтрольних Міненергівугілля України становила 417, а загальне число травм в галузі 787. Таким чином індекс смертельного травматизму на шахтах підконтрольних Міненергівугілля України дорівнює 0,059. Коефіцієнт частоти (загального травматизму) у 2017 році у вугільній промисловості становив 7,8574 (всього в галузі працює 100160 робітників). Коефіцієнт частоти смертельного травматизму 0,2496. При цьому 10 смертельних випадків сталося в лавах і 10 в протяжних виробках.

В світлі викладеного аналіз шляхів зниження виробничого травматизму на вугільних шахтах України відносно світових тенденцій є актуальною науково-практичною задачею.

Методи дослідження.

В якості методів дослідження використовувались методи математичної статистики, аналіз і синтез, узагальнення.

Викладення основного матеріалу.

В секторі видобування в світі більш небезпечними є підземні підприємства ніж ті, що ведуть видобуток відритим способом. Більш того, навіть у США, де показники

безпеки робіт достатньо високі, показник летальності (CFR Case fatality rate, в вітчизняній практиці індекс I_c) на 100 000 працюючих повний робочий день складає 24,9%, а для шахт рудної і нерудної промисловості 15,8% [16]. Дослідження Колмана [17] показують, що ймовірність травм з втратою працездатності 10 і більше днів на 48,5% для вугільних шахт вище, ніж для шахт рудної і нерудної промисловості. Подібна ж тенденція спостерігається у всьому світі, що пояснюється особливими властивостями робочого середовища, в якій ведуться роботи. Наявність складних гірничо-геологічних умов, високої концентрації механічного та електричного обладнання, обмеженість робочого простору пояснює ту потенційну небезпеку внаслідок ряду специфічних факторів, не характерних для інших підприємств.

Ситуація ускладнюється помилками в управлінських і організаційних рішеннях, кваліфікацією гірників що не відповідає виконуваній роботі, порушеннями Правил безпеки та паспортів ведення гірських робіт, недостатнім досвідом роботи [18]. Однак зазначені фактори за своєю природою є, скоріш випадковими, а не системними, і можуть розглядатися як винятки, бо їх закономірний вплив знаходиться в межах статистичної помилки. Мінімізація їх впливу досягається навчанням, виробничою дисципліною і особистісне орієнтованими мотиваційними рішеннями, прийнятими адміністрацією. Тому при аналізі, який виконується в ключі даної роботи, їх вплив можна опустити.

Диференціація травм в шахтах по факторам травматизму вказує на те, що найбільш небезпечними є: обвалення порід, транспорт і підйом, машини і механізми, вибухи газу і пилу, падіння людей і предметів. Очевидно, що співвідношення факторів травматизму на різних шахтах і в різних країнах має відрізнятися. Це пов'язано з тим, що рівень травматизму і ступінь його важкості на конкретному підприємстві залежить від гірничо-геологічних умов відробки, рівня механізації робіт, надійності обладнання, механізмів, кріплення, що використовується, помилок гірників і керуючого персоналу. Наприклад на негазових шахтах безпечних по вибухам пилу травматизм по фактору «вибухи газу і пилу» буде нульовим, в той час як

травматизм по фактору «падіння людей і предметів» залежить в першу чергу від особистої обережності, фізичного і психологічного стану гірників. Це треба враховувати при аналізі. Показовими прикладами є показники травматизма за минуле десятиріччя в країнах-лідерах вуглевидобутку: Китаї і США (табл. 1). Смертельний травматизм в КНР суттєво знизився за останні 15 років, так з 2002 року по 2017 кількість смертельних травм скоротилась з 7000 до 375 за рік [19]. Кількість смертельних випадків на 1 млн. тонн видобутого вугілля в 2017 році склав 0,106 для КНР і 0,0168 для США.

Таблиця 1 – Порівняння травматизму у гірництві у Китаї і США

№	Фактор	Країна	% смертельно го травматизму	Джерело інформації
1	Вибухи, пожежі	КНР	43	[19]
2	Вивали з покрівлі		33	
3	Транспортні роботи		9	
4	Затоплення		8	
5	Транспортні роботи	США	29,3	[17]
6	Машини і механізми		15	
7	Падіння людей		14,4	
8	Вивали з покрівлі		10,8	

Так гірничо-геологічні умови мають прямий і опосередкований вплив на три з чотирьох найбільш вагомих факторів смертельного травматизму у КНР, і лише на одну – у США. При цьому фактор «вивали з покрівлі» входить в першу четвірку травмонезбезпечних факторів.

Що стосується України, то за статистикою смертельного травматизму 2000-2012 років [20] перша п'ятірка найбільш небезпечних факторів виглядає таким чином: вивали з покрівлі – 18,3%, транспорт і підйом – 17,9%, вибухи газу і пилу 14,2%, робота машин і механізмів – 7,4%, падіння людей – 6,9%. За інформацією 2017 року обвалення порід є причиною 9% смертельного травматизму і займає 4 позицію після вибухів газу – 36%,

серцево-судинних захворювань – 23% і ураження електричним струмом 13% [15].

Аналізуючи травматизм країн ТОП-10, бачимо, що не зважаючи на різне співвідношення причин травматизму «вивали з покрівлі» в більшості вугледобувних країн світу є одним з найбільш небезпечних факторів. Так в Індії 32,7% загального числа смертельних травм пов'язано з руйнуванням покрівлі [21].

В Австралії 18% травм, що призвели до втрати працездатності на термін більше 10 діб, пов'язано з падінням предметів, в тому числі порід [22]. Інформація, щодо виокремлення долі в цих 18% обвалів порід, на жаль, не представлена в звітах. Інформація по травматизму в Індонезії відсутня, що пов'язано з недосконалістю гірничого законодавства країни і великою кількістю малих, нелегальних шахт, по яким відсутня статистика. В Південно-Африканській Республіці вірогідність нещасного випадку пов'язаного з роботою машин і механізмів 1,22%, а з причини обвалення порід покрівлі – 21,7% [23]. Згідно з дослідженнями [24] 22% смертельного травматизму в Ірані відбувається внаслідок вивалів з покрівлі.

Обговорення результатів.

Аналіз і узагальнення отриманих результатів дозволяє виділити три концептуально різні причини нещасних випадків в гірництві. Діяльність по забезпеченню безпеки і здоров'я гірників в системі «людина-машина-середовище» може бути реалізована за схемою наведеною в таблиці 2. При цьому фактор «середовище» є найважливішим. Вивали, вибухи газу, ГДЯ являють собою велику небезпеку і не зважаючи на впровадження систем моніторингу і контролю щорічно є причиною переважної долі травматизму в вугільних шахтах. В такому ключі зниження рівня травматизму від вказаних причин дозволить найсуттєвіше покращити показники стану охорони праці в галузі.

Існуючі методи аналізу травматизму ґрунтуються на розвитку в 4 напрямках: технічні, статистичні, експертні, імовірнісні. Найбільш достовірний аналіз забезпечується використанням результатів оцінок отриманих статистичним методом. Цей метод аналізу базуються на статистичному матеріалі про нещасні випадки (акти по формі Н-1 і результати розслідувань).

Таблиця 2 – Основні напрямки забезпеченню безпеки і здоров'я гірників вугільної шахти

Середовище		Людина		Машина
Захист від аварій джерел яких природне (раптові вивали, ГДЯ, вибухи газу, загоплення, тощо)	Газовий, протипиловий захист	Особиста безпека, дотримання вимог нормативів з охорони праці	Заходи охорони здоров'я і гігієни	Захист від аварій, відказів, збоїв
Моніторинг стану середовища заходи з профілактики аварій	Моніторинг аерологічного стану шахт	Організація навчачь з правил безпеки	Профілактика професійних захворювань	Профілактичні роботи, обслуговування обладнання
Контроль параметрів середовища, сповіщення про порушення безпечних показників	Контроль вмісту газів і пилу, передача оперативної інформації, відключення елементів з небезпечних показників	Контроль знань, системи періодичного оцінювання знань, пов'язані з допуском до роботи	Розробка і впровадження засобів індивідуального захисту	Контроль показників роботи і зносу обладнання
Впровадження заходів з нормалізації стану середовища і контроль їх якості	Впровадження заходів дегазації, газовідведення, пилоподавлення і т.п.	Популяризація безпечних методів робіт, тестування на схильність до ризиків, підвищення особистості	Своєчасне професійне лікування	Впровадження сучасного обладнання, систем і мереж
Аварійно-рятувнє обслуговування	Контроль якості заходів	Впровадження систем навчання і підвищення кваліфікації	Популяризація здорового образу життя	Своєчасна заміна і ремонт вузлів, деталей, мереж

Результатом аналізу є узагальнена, середня, оцінка ступеня безпеки умов праці на шахті або в галузі [25, 26].

Показник професійного ризику отримання гірником травми на виробництві в відповідності з статистичним методом оцінки професійних ризиків дорівнює

$$v = \frac{N_{i.a.}}{\times}, 1/\text{роб. рік}$$

де $N_{i.a.}$ - число нещасних випадків за рік на виробництві;

\times – чисельність робітників, що знаходяться під загрозою ризику за рік.

Статистична невизначеність характеризується похибкою

$$\delta = \frac{Z_{\gamma}}{v \times}$$

де Z_{γ} - квантіль нормального розподілу рівня γ [26].

Більш детальний аналіз статистики травм, отриманих внаслідок вивалів порід вказує на те, що і кількість вивалів і ступінь тяжкості травматизму в першу чергу залежить від типу кріплення, що використовується і його надійності. На перший погляд цей висновок є логічним і не потребує дослідження. Але якщо диференціювати країни на дві групи – з високим рівнем використання анкерного кріплення (з долею анкерів більше 30% від всіх систем кріплення) і з низьким рівнем (менше 30% анкерів), то в країнах першої групи травматизм від вивалів значно менший, в середньому в 2 рази. Прикладами країн першої групи є США, Австралія, Польща, прикладами другої – Індія, Індонезія, ПАР, Україна. Показовим є те, що в США і Австралії, які мають найнижчі показники травматизму в світі, відповідно коефіцієнти смертельного травматизму 0,01 і 0,00, загальний обсяг щорічного встановлення анкерів становить по 100 млн штук [27, 28], при загальній кількості встановлюваних анкерів в світі близько 500 млн штук. В цьому аналізі параметром дослідження є анкерне кріплення і як самостійна конструкція і як елемент системи підтримання стійкості виробки. В гірництві не є новиною, що використання анкерів призводить до зменшення вивалів, цьому присвячено багато робіт закордонних

[27, 28, 29] і вітчизняних [30, 31, 32] вчених. Анкерне кріплення рекомендовано як спосіб укріплення порід нормативними документами ВНДМІ, УкнНДМІ [33, 34]. Позитивний вплив анкерного кріплення на зменшення вивалоутворення і розшарування приконтурних порід підтверджується вітчизняною практикою в умовах ш/у Покровське, УК ш. Краснолиманська, підприємствах групи ДТЕК.

Але використання анкерів не призводить до виключення фактору «вивали з покрівлі» з першої четвірки найбільш небезпечних факторів. Так за статистикою травм в угольних шахтах США, наданою MSHA, 10,8% загального травматизму пов'язано з обваленням порід покрівлі. А за даними Дж. Райса [35] з 230 випадків травмування гірників від вивалів порід, в 2006 році при коефіцієнті летальності 4,3 (індекс смертельного травматизму $I_c=0,043$), 44% були смертельно травмовані вивалами порід в виробках з анкерним кріпленням.

Висновки.

Таким чином аналіз причин вивалоутворення свідчить, що рівень травматизму від вивалів порід обумовлений в першу чергу типом і надійністю кріплення. При цьому одним з найпотужніших інструментів впливу на стан порід і, відповідно, зниження руйнування і вивалів є анкерування.

Удосконалення роботи існуючих анкерних систем є важливою складовою зниження травматизму від вивалів породи в Україні і світі, чому і будуть присвячені подальші дослідження.

Список літератури

1. Coal Information 2016: Statistics: International Energy Agency. 2016. P. 543.
2. He X., Li S. Status and future tasks of coal mining safety in China. *Safety Science*. 2012. Vol. 50, Iss. 4. P. 894-898.
3. Coleman P.J. Measuring mining safety with injury statistics: Lost workdays as indicators of risk. *Journal of Safety Research*. 2007. Vol. 38. P. 523-533.
4. Saleh J.H., Cummings A.M. Safety in the mining industry and the unfinished legacy of mining accidents: safety levers and defense-in-depth for addressing mining hazards. *Safety Science*. 2012. Vol. 49, Iss. 6. P. 767-777.
5. Maiti J., Khanzode V. Development of a relative risk model for roof and side fall fatal accidents in underground coal mines in India. *Safety Science*. 2009. Vol. 47, Iss. 8. P. 1068-1076.

6. Joy J. Occupational safety risk management in Australian mining. *Occupational Medicine*. 2004. Vol. 54, Iss. 5. P. 311-315.
7. Markkanen P. K. Occupational Health and Safety in Indonesia. *ILO Working Paper*. 2004.
8. Mineral Economics Statistics 2010. B1 Stat Tables 2011.xls. Pretoria: Department Mineral Resources. URL: <http://www.dmr.gov.za/publications/summary/149-statistics/622-b1-stat-tables-2011.html> (Last accessed 12.03.2018).
9. Ghasemia E., Ataeia M., Shahriar K., Sereshki F.S., Jalali E., Ramazanzadeh A. Assessment of roof fall risk during retreat mining in room and pillar coal mines. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*. 2012. Vol. 54. P. 80–89.
10. Onder M., Adiguzel E. Evaluation of occupational fatalities among underground coal mine workers through hierarchical loglinear models. *Industrial Health*. 2010. Vol. 48, Iss. 6. P. 872-878.
11. Matuszewski K. The main causes of fatal accidents in the Polish underground mines in the years 2000-2009. *Work Safety and Environmental Protection in Mining*. 2010. No. 11 (195).
12. Під час виконання службових обов'язків у 2017 році травмувались 4965 осіб. URL: <http://www.fssu.gov.ua/fse/control/main/uk/publish/article/955055> (дата звернення: 20.05.2018).
13. Kecojevic V., Komljenovic D., Groves W., Radomsky M. An analysis of equipment related fatal accidents in U.S. mining operations: 1995–2005. *Safety Science*. 2007. Vol. 45, Iss. 8. P. 864-874.
14. Komljenovic D., Groves W.A., Kecojevic V.J. Injuries in U.S. mining operations—a preliminary risk analysis. *Safety Science*. 2008. Vol. 46, Iss. 5. P. 792-801.
15. Узгальнений звіт відділу нагляду у вугільній промисловості про стан охорони праці на вугільних підприємствах за 2017 рік. URL: dsp.gov.ua/wp-content/uploads/2018/03/uzahalnenyj-zvit-za-2017-rik.doc (Last accessed 20.05.2018).
16. Margolis K.A. Underground coal mining injury: A look at how age and experience relate to days lost from work following an injury. *Safety Science*. 2010. Vol. 48, Iss. 4. P. 417-421.
17. Coleman P.J., Brune J. & Martini L. Characteristics of the top five most frequent injuries in United States mining operations, 2003-2007. National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH). Spokane Research Laboratory (SRL). Spokane. WA. 2010.
18. Lee T., Anderson C., Kraus J.F. Acute traumatic injuries in underground bituminous coal miners. *Industrial Health*. 1993. Vol. 23, Iss. 3. P. 407-415.
19. 2017年全国煤矿共发生事故219起 死亡375人. URL: <http://news.sina.com.cn/c/nd/2018-01-29/doc-ifyqyqni4974564.shtml> (Last accessed 20.05.2018).
20. Сергеев В.А. Статистический анализ смертельного травматизма на шахтах. Уголь Украины. 2013. №6. С. 23-25.
21. Kumar S.P., Kumar S. D. Logistic regression model for prediction of roof fall risks in bord and pillar workings in coal mines: *Safety Science*. 2009. Vol. 47, Iss. 1. P. 88–96.
22. Safe Work Australia: Mining Fact Sheet. URL: <https://www.safeworkaustralia.gov.au/system/files/documents/1702/mining-fact-sheet-2011-12.pdf> (Last accessed 12.03.2018)
23. Riba S. J., Lesoana M., Sigauke C. & Makwela M. R. A logistic regression analysis of the occurrence of mine accidents in the Burgersfort area in South Africa. *Journal of Geology and Mining Research*. 2011. Vol. 3(1). P. 188-192.
24. Bakhtiyari M., Delpishe A., Riahi S.M., Latifi A., Zayeri F. & Soori M.S.H. Epidemiology of occupational accidents among Iranian insured workers. *Safety Science*. 2012. Vol. 50, Iss. 7. P. 1480- 1484.
25. Венецкий, Н.Г. Теория вероятностей и математическая статистика. Москва: Статистика, 1975. 264 с.
26. Коршунов Г.И., Истомина Р.С., Курта И.В., Логинов М.А. Травматизм на шахтах ОАО «СУЭК-Кузбас» и его причины. Горный информационно-аналитический бюллетень. 2011. № 6. С. 18-20.
27. Winsdor C. R. Rock reinforcement systems. *International journal of rock mechanics and mining sciences*. 1997. Vol. 34, Iss. 6. P. 919-951.
28. Spearing J.S., Greer B. & Reilly M. Improving rockbolt installations in US coal mines. *The Journal of The Southern African Institute of Mining and Metallurgy*. 2011. Vol. 11. P. 555-563.
29. Dolinar D.R. & Bhatt S.K. Trends in roof bolt application. NIOSH: Proceedings: *New Technology for Coal Mine Roof Support*. 2000. P. 43–51.
30. Симанович Г.А., Ковалевская И.А., Поротников В.В. Критерии выбора и расчета рациональных конструкций крепи горных выработок. *Сб. научн. тр. НГУ*. 2004. №17. Том 2. С.75-76.
31. Бондаренко В.И., Ковалевская И.А., Симанович Г.А. [и др.]. Аналитико-экспериментальные исследования повышения устойчивости выемочных выработок и расчет параметров крепежной системы: монография. Днепропетровск: ЛізуновПрес, 2012. 178 с.
32. Виноградов В.В. Круковский А.П. Проведение подготовительных горных выработок с анкерной крепью. *Геотехническая механика: Межвед. сб. науч. тр.* Днепропетровск: ИГТМ НАНУ, 2012. Вып. 98. С. 272-287.
33. Указания по охране, поддержанию и рациональному расположению подготовительных выработок на шахтах основных бассейнов страны, Львов: ВНИМИ, 1972. 121 с.
34. КД 12.01.01.201–98. Расположение, охрана и поддержание горных выработок при отработке угольных пластов на шахтах: Методические указания. Киев: УкрНИМИ, 1998. 149 с.
35. Rice J.B. & Janocha J.A. Coal mining injuries, illnesses, and fatalities in 2006. *Compensation and working conditions. Bureau of Labor Statistics*. 2008. URL: <https://www.bls.gov/opub/mlr/cwc/coal-mining-injuries-illnesses-and-fatalities-in-2006.pdf> (Last accessed 9.11.2017).

References

1. Coal Information 2016: Statistics. International Energy Agency. 2016, 543 p.
2. He, X. & Li, S. (2012). Status and future tasks of coal mining safety in China. *Safety Science*, Vol. 50, Iss. 4, pp. 894-898.
3. Coleman, P.J. & Kerkerling, J.C. (2007). Measuring mining safety with injury statistics: Lost workdays as indicators of risk. *Journal of Safety Research*, 38, pp. 523-533.
4. Saleh, J.H. & Cummings, A.M. (2011). Safety in the mining industry and the unfinished legacy of mining

accidents: safety levers and defense-in-depth for addressing mining hazards. *Safety Science*, Vol. 49, Iss. 6, pp. 767-777.

5. Maiti, J. & Khanzode, V. (2009). Development of a relative risk model for roof and side fall fatal accidents in underground coal mines in India. *Safety Science*, Vol. 47, Iss. 8, pp. 1068-1076.

6. Joy, J. (2004). Occupational safety risk management in Australian mining. *Occupational Medicine*, Vol. 54, Iss. 5, pp. 311-315.

7. Markkanen, P. K. Occupational Health and Safety in Indonesia, ILO Working Paper; 2004.

8. Mineral Economics Statistics (2010). B1 Stat Tables 2011.xls. Pretoria: Department Mineral Resources. <http://www.dmr.gov.za/publications/summary/149-statistics/622-b1-stat-tables-2011.html> (Last accessed 12 March 2018).

9. Ghasemia, E. Ataeia, M., Shahriar, K., Sereshki, F., Jalali, S. E. & Ramazanzadeh, A (2012). Assessment of roof fall risk during retreat mining in room and pillar mines *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*, Vol. 54, pp. 80–89.

10. Onder, M. & Adiguzel, E. (2010) Evaluation of occupational fatalities among underground coal mine workers through hierarchical loglinear models. *Industrial Health*, Vol. 48, Iss. 6, pp. 872-878.

11. Matuszewski, K. (2010) The main causes of fatal accidents in the Polish underground mines in the years 2000-2009, *Work Safety and Environmental Protection in Mining* No. 11 (195).

12.

<http://www.fssu.gov.ua/fse/control/main/uk/publish/article/955055> (Last accessed 12 March 2018).

13. Kecojevic, V., Komljenovic, D., Groves, W. & Radomsky, M. (2007) An analysis of equipment related fatal accidents in U.S. mining operations: 1995–2005. *Safety Science*, Vol. 45, Iss. 8, pp. 864-874.

14. Komljenovic, D., Groves, W.A. & Kecojevic, V.J. (2008) Injuries in U.S. mining operations—a preliminary risk analysis. *Safety Science*, Vol. 46, Iss. 5, pp. 792-801.

15

[dsp.gov.ua/wp-content/uploads/2018/03/uzahalnenyj-zvit-za-2017-rik.doc](http://www.dsp.gov.ua/wp-content/uploads/2018/03/uzahalnenyj-zvit-za-2017-rik.doc) (Last accessed 12 March 2018).

16. Margolis, K.A. (2010). Underground coal mining injury: A look at how age and experience relate to days lost from work following an injury. *Safety Science*, Vol. 48, Iss. 4, pp. 417-421.

17. Coleman, P.J., Brune, J. & Martini, L. (2010) Characteristics of the top five most frequent injuries in United States mining operations, 2003-2007. National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), Spokane Research Laboratory (SRL), Spokane, WA, 2010.

18. Lee, T., Anderson, C. & Kraus, J.F. (1993). Acute traumatic injuries in underground bituminous coal miners. *Industrial Health* Vol. 23, Iss. 3, pp. 407-415.

19. <http://news.sina.com.cn/c/nd/2018-01-29/docifyyqni4974564.shtml>

20. Sergeev, V.A. Statisticheskij analiz smertelnogo travmatizma na shahtah /V.A. Sergeev // Ugol Ukrainyi, 2013 №6. s. 23-25.

21. Kumar, S.P., Kumar, S. D. (2009) Logistic regression model for prediction of roof fall risks in bord and pillar workings in coal mines. *Safety Science* Vol. 47, Iss. 1, pp. 88–96.

22. Safe Work Australia / Mining Fact Sheet <https://www.safeworkaustralia.gov.au/system/files/documents/1702/mining-fact-sheet-2011-12.pdf> (Last accessed 12 March 2018)

23. Riba, S. J., Lesaoana, M., Sigauke, C. & Makwela M. R. (2011) A logistic regression analysis of the occurrence of mine accidents in the Burgersfort area in South Africa. *Journal of Geology and Mining Research* Vol. 3(1), pp. 188-192.

24. Bakhtiyari, M., Delpishe, A., Riahi S.M., Latifi, A., Zayeri, F. & Soori M.S.H. (2012) Epidemiology of occupational accidents among Iranian insured workers. *Safety Science*. Vol. 50, Iss. 7, pp. 1480- 1484.

25. Venetskiy, N.G. Teoriya veroyatnostey i matematicheskaya statistika / N.G. Venetskiy, G.S. Kildishev, // M.: Statistika, 1975. - 264s.

26. Korshunov, G.I. Travmatizm na shahtah OAO «SUEK-Kuzbass» i ego prichiny / G.I. Korshunov, R.S. Istomin, I.V. Kurta, M.A. Loginov // Gorniy informatsionno-analiticheskij byulleten. – 2011. – № 6. – S. 18-20.

27. Winsdor, C. R. (1997). Rock reinforcement systems. *International journal of rock mechanics and mining sciences*, Vol. 34, Iss. 6, pp. 919-951.

28. Spearing, J.S., Greer, B. & Reilly, M. (2011) Improving rockbolt installations in US coal mines. *The Journal of The Southern African Institute of Mining and Metallurgy*, 11, pp. 555-563.

29. Dolinar, D.R. & Bhatt, S.K. (2000) Trends in roof bolt application. NIOSH: Proceedings: *New Technology for Coal Mine Roof Support*. pp. 43–51.

30. Simanovich, G.A. Kriterii vybora i rascheta ratsionalnykh konstruktivnykh krepi gorniyh vyirabotok / G.A. Simanovich, I.A. Kovalevskaya, V.V. Porotnikov // Sb. nauchn. tr. NGU. – 2004. – №17, tom 2. – S.75-76.

31. Analitiko-eksperimentalnye issledovaniya povysheniya ustoychivosti vyiemochnykh vyirabotok i raschet parametrov krepzhennoy sistemy [Tekst]: monografiya / V.I. Bondarenko, I.A. Kovalevskaya, G.A. Simanovich [i dr.]. Dnepropetrovsk: LZunovPres, 2012. – 178 s.

32. Vinogradov, V.V. Provedenie podgotovitelnykh gorniyh vyirabotok s ankernoy krepyu / Vinogradov V.V., Krukovskiy A.P. // Geotekhnicheskaya mehanika: Mezhdved. sb. nauch. tr. — Dnepropetrovsk: IGTM NANU, 2012. Vip. 98. — S. 272-287.

33. Ukazaniya po ohrane, podderzhaniiyu i ratsionalnomu raspolozheniiyu podgotovitelnykh vyirabotok na shahtah osnovnykh basseynov straniy. L.: VNIMI, 1972. – 121 s.

34. KD 12.01.01.201–98. Raspolozhenie, ohrana i podderzhanie gorniyh vyirabotok pri otrabotke ugolnykh plastov na shahtah : Metodicheskie ukazaniya. K.: UkrNIMI, 1998. – 149 s.

35. Rice, J.B. & Janocha, J.A. (2008). Coal mining injuries, illnesses, and fatalities in 2006. *Compensation and working conditions. Bureau of Labor Statistics*. <https://www.bls.gov/opub/mlr/cwc/coal-mining-injuries-illnesses-and-fatalities-in-2006.pdf> (Last accessed 9 Nov 2017).

Надійшла до редакції 11.05.2018
Рецензент д-р. техн. наук, проф. С.М. Александров.

Подкопаев Сергей Викторович – доктор технічних наук, професор, декан гірничого факультету, Державний вищий навчальний заклад «Донецький національний технічний університет», м. Покровськ, Україна.

Сахно Світлана Володимирівна – старший викладач кафедри геології, розвідки та збагачення корисних копалин, Державний вищий навчальний заклад «Донецький національний технічний університет», м. Покровськ, Україна.

E-mail: svitlana.sakhno@donntu.edu.ua.

ПУТИ СНИЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ТРАВМАТИЗМА НА УГОЛЬНЫХ ШАХТАХ УКРАИНЫ В СВЕТЕ МИРОВЫХ ТЕНДЕНЦИЙ

Цель. Анализ современного состояния производственного травматизма в странах- лидерах мировой угледобычи и поиск путей снижения производственного травматизма.

Методика исследований. В качестве методов исследования использовались методы математической статистики, анализ, синтез, обобщение.

Результаты исследований. Проанализированы показатели травматизма в отечественной угольной отрасли. Сформулирована задача исследования – анализ путей снижения производственного травматизма на угольных шахтах Украины. Дифференциация травм в угольной отрасли Украины и мира позволила установить, что одним из самых опасных производственных факторов является «обрушение пород». По информации 2017 обрушения пород является причиной 9% смертельного травматизма в Украине и занимает 4 позицию после взрывов газа, сердечно-сосудистых заболеваний и поражения электрическим током. Дифференциация травматизма по факторам в странах ТОП-10 угледобычи, свидетельствует, что, несмотря на различное соотношение причин травматизма, «развивали с кровли» в большинстве угледобывающих стран мира является одним из наиболее опасных факторов.

Проведенный анализ показал, что уровень травматизма от вывалов пород обусловлен в первую очередь типом и надежностью крепления. При этом одним из самых мощных инструментов воздействия на устойчивость массива и, соответственно, снижение разрушения и вывалов является анкерование.

Научная новизна. Снижение травматизма от вывалов пород в Украине возможно за счет модификации существующих анкерных систем. Оценка профессиональных рисков травмирования может быть проведена статистическими методами оценки.

Практическое значение. Сформулировано направление совершенствования способов обеспечения безопасности труда горняков путем повышения надежности крепления протяженных горных выработок.

Ключевые слова: производственный травматизм, факторы травматизма, смертельный травматизм, безопасность условий труда, анкерная крепь.

Подкопаев Сергей Викторович – доктор технических наук, профессор, декан горного факультета, Государственное высшее учебное заведение «Донецкий национальный технический университет», г. Покровск, Украина.

Сахно Светлана Владимировна – старший преподаватель кафедры геологии, разведки и обогащения полезных ископаемых, Государственное высшее учебное заведение «Донецкий национальный технический университет», г. Покровск, Украина.

E-mail: svitlana.sakhno@donntu.edu.ua.

THE WAYS OF REDUCTION OF INDUSTRIAL TRAUMATISM ON UKRAINE COAL MINES ON WORLD TRENDS

Purpose. Analysis of the current state of industrial injuries in the world leaders in coal mining and the search for ways to reduce industrial injuries.

Methods. As methods of research, methods of mathematical statistics, analysis, synthesis, generalization were used.

Results. The indicators of injuries in the Ukrainian coal industry are analyzed. The research task is formulated - the analysis of ways reducing the industrial traumatism of coal mines in Ukraine. The differentiation of injuries in the coal industry of Ukraine and the world made it possible to establish that one of the most dangerous industrial factors is the "rock falls". According to 2017 rock falls information is the cause of 9% of fatal injuries in Ukraine and takes 4th position after gas explosions, cardiovascular diseases and electric shock. Differentiation of injuries by factors in the TOP-10 countries of coal mining, shows that, despite the different ratio of the causes of injuries, "rock falls" in most of the coal mining countries of the world is one of the most dangerous factors.

The analysis showed that the level of injuries from rock falls is primarily due to the type and reliability of the attachment. At the same time, anchoring is one of the most powerful tools for influencing the stability of rock, accordingly, reducing the crack and rock falls.

Scientific novelty. Reducing injuries from rock falls in Ukraine is possible due to the modification of existing anchor bolt systems. Assessment of occupational risks of injury can be carried out by statistical methods of evaluation.

Practical significance. The direction of perfection the ways a maintenance of safety work miners by increase of reliability fastening extended mine workings is formulated.

Keywords: industrial traumatism, factors of traumatism, fatal injuries, safety of working conditions, bolting.

Sergey Podkopaev – Dr. Sci. (Tech.), Professor, Dean Of the Faculty of Mining, State Higher Educational Institution «Donetsk National Technical University», Pokrovsk, Ukraine.

Svetlana Sakhno – senior lecturer of Department of Geology, Exploration and Enrichment of Minerals, State Higher Educational Institution «Donetsk National Technical University», Pokrovsk, Ukraine.

E-mail: svitlana.sakhno@donntu.edu.ua.