

ІНЖЕНЕРІЯ СЕРЕДОВИЩА ТА БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ

УДК 331.45:331.46-044.68

*А. П. Бочковський¹,
Н. Ю. Сапожнікова²*
*¹Одеській національний
політехнічний університет,
²Одеська національна академія
харчових технологій*

НАУКОВО-ПРАКТИЧНІ АСПЕКТИ МІНІМІЗАЦІЇ РИЗИКІВ ВИНИКНЕННЯ ПРОФЕСІЙНИХ НЕБЕЗПЕК

В статті, на основі проведеного аналізу статистичних даних щодо причин виникнення нещасних випадків, визначено доцільність застосування на підприємствах сучасних автоматизованих систем безпеки для досягнення та підтримки прийнятних значень рівня ризику виникнення професійних небезпек. Встановлено, що відомі сучасні автоматизовані системи, що спрямовані на підвищення рівня охорони праці на виробництвах, мають ряд недоліків. З метою їх усунення, авторами, запропоновано власну систему, яка дозволяє мінімізувати ризики виникнення професійних небезпек, за рахунок постійного контролю за небезпечними зонами та рухом внутрішньоцехового транспорту.

Ключові слова: охорона праці, промислова безпека, технічні системи, небезпека, «людський фактор», виробничий травматизм, професійні захворювання, автоматизовані системи.

In the article, based on the analysis of statistical data pertaining to the reasons of accidents contraction, were defined the feasibility of using the modern automated security systems at enterprises for achievement and maintaining the acceptable indices of the level of risk of occupational dangers.

It was established that well-known modern automated systems aimed at increasing the level of occupational safety at enterprise had a huge number of disadvantages. In order to eliminate them, the authors proposed his own system, which allows to minimize the priority risks of occupational dangers contraction, due to constant monitoring by technical means of danger zones and shop-floor travelers.

Keywords: occupational safety, industrial safety, technical systems, danger, "human factor", industrial injuries, occupational diseases, automated systems.

Постановка проблеми. Основною метою створення і функціонування системи управління охороною праці на підприємствах та в організаціях є усунення, а за неможливості, мінімізація ризиків виникнення професійних небезпек. В даному контексті під терміном професійна небезпека слід розуміти небезпеку, яка може призвести до травм, хвороби чи смерті працівника в процесі його професійної діяльності [1]. Ризик виникнення професійної небезпеки в такому випадку, це комбінація ймовірності виникнення такої небезпеки та її тяжкості. Кількісні показники ризику виникнення потенційних професійних небезпек свідчать про стан охорони праці та промислової безпеки на підприємстві (організації, установі).

В діючій нормативно-правовій документації зустрічається три основних терміни, які використовують для аналізу стану охорони праці та промислової безпеки на підприємствах. Це нещасний випадок на виробництві, виробничий травматизм та

професійні захворювання. Згідно [1], нещасний випадок на виробництві - обмежена в часі подія чи раптовий вплив на працівника небезпечного виробничого чинника, що сталися під час виконання ним трудових обов'язків, унаслідок чого завдано шкоди здоров'ю чи трапилася смерть. Виробничий травматизм - явище, що характеризується сукупністю виробничих травм і нещасних випадків на виробництві. Професійне захворювання - патологічний стан людини, зумовлений професійною діяльністю працівника та пов'язаний винятково чи переважно з впливом шкідливих виробничих чинників.

Іншими словами, нещасний випадок на виробництві – це подія в результаті, якої людина може отримати певну виробничу травму або декілька травм, в тому числі і зі смертельним наслідком. А виробничий травматизм – це термін, який використовується для оцінки стану охорони праці.

Таким чином, виробнича травма є наслідком нещасного випадку на виробництві і для мінімізації виробничого травматизму, як явища, слід усувати (мінімізувати) ризики, що пов'язані з причинами виникнення нещасних випадків.

Отже, керування ризиками виникнення професійних небезпек в першу чергу повинно знаходитись у площині ідентифікації, оцінки, ранжування та розробки заходів і засобів безпеки, щодо причин виникнення нещасних випадків на виробництві та професійних захворювань [2].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Аналізу причин виникнення нещасних випадків, встановленню взаємозв'язків між факторами що чинять вплив на безпеку праці, рекомендаціями щодо мінімізації ризику виникнення професійних небезпек присвячено багато досліджень, останніми з яких є [3–6]. Однак, основним недоліком зазначених робіт є недостатня системність у підході виявлення взаємозв'язків між причинами виникнення нещасних випадків і професійними небезпеками, з наступною розробкою практичних заходів та засобів, які дозволять мінімізувати або усунути такі причини.

Мета статі. Розробити систему практичних заходів і засобів мінімізації ризиків виникнення професійних небезпек на підприємствах.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні завдання:

1. Проаналізувати причини виникнення професійних небезпек в Україні.
2. Провести порівняльний аналіз відомих систем забезпечення професійної безпеки.
3. Формалізувати систему автоматизованого захисту небезпечних зон виробництва та безпеки руху внутрішньоцехового транспорту.

Виклад основного матеріалу. Існуюча статистика розглядає три основні групи причин виникнення нещасних випадків [7, 8]:

- організаційні;
- технічні;
- психофізіологічні.

Однак, для професійних захворювань такого структурного розподілу по причинах не існує. Статистика нам дає лише кількісні дані щодо видів професійних захворювань, які інколи, через неочевидність діагнозу і значну кількість факторів, що сприяють їх появі, не можуть слугувати відправною точкою для розробки захисних заходів. Є очевидним, що професійні захворювання виникають через несприятливі умови праці на підприємстві, які, в свою чергу, слід розглядати також в розрізі тих же організаційних, технічних та психофізіологічних причин.

Згідно зі статистичними даними, за період з 2007 р. по 2016 р. Динаміка розподілу нещасних випадків за причинними ознаками відносно з індексом промислового виробництва мала наступний вигляд (рис. 1).

На першому місці серед причин виникнення нещасних випадків, впродовж дослідного періоду були організаційні, частка яких в середньому складала 72%. Друге місце у період з 2007–2011 рр. займали технічні причини (14%), а з 2012–2016 рр., вже

психофізіологічні, з середньою часткою 22%. Більш детальний розподіл причин нещасних випадків за структурою з 2007 по 2016 роки, наведено у табл. 1.

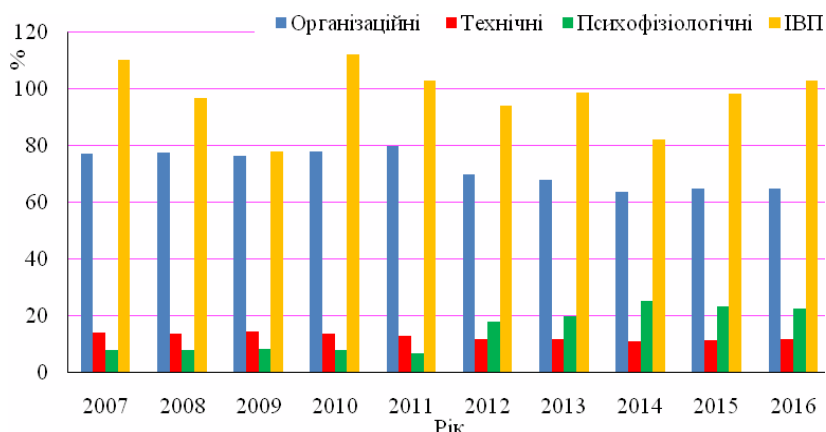


Рис. 1. Динаміка зміни причин нещасних випадків та індексу виробництва продукції (ІВП) в Україні по роках [7]

Для аналізу і з'ясування закономірностей між причинами виникнення нещасних випадків на виробництві, професійних захворювань, смертельних випадків, що пов'язані з виробництвом, та їх наслідками (кількість нещасних, смертельних випадків, профзахворювань), застосовано методи статистичного аналізу, а саме – кореляційний аналіз [11].

Проведений кореляційний аналіз показав, що існують дуже сильні кореляційні зв'язки між:

- загальним відсотком організаційних причин та загальним відсотком психофізіологічних причин ($r=-0,99$);
- кількістю зареєстрованих смертельних випадків та відсотком порушення технологічного процесу ($r=0,97$);
- відсотком невиконання посадових обов'язків та відсотком незадовільного технічного стану виробничих об'єктів, будинків, споруд, інженерних комунікацій, території ($r=-0,95$);
- загальним відсотком технічних причин та відсотком незадовільного технічного стану виробничих об'єктів, будинків, споруд, інженерних комунікацій, території ($r=0,93$);
- загальним відсотком технічних причин та загальним відсотком психофізіологічних причин ($r=-0,92$).

Сильні кореляційні зв'язки спостерігаються між:

- кількістю зареєстрованих нещасних випадків та загальною кількістю зареєстрованих випадків професійних захворювань (коефіцієнт кореляції $r=0,76$);
- кількістю зареєстрованих смертельних випадків та кількістю зареєстрованих нещасних випадків ($r=0,88$);
- кількістю зареєстрованих нещасних випадків та загальним відсотком організаційних причин ($r=0,80$);
- кількістю зареєстрованих нещасних випадків та відсотком порушення технологічного процесу ($r=0,88$);
- кількістю зареєстрованих нещасних випадків та відсотком незадовільного технічного стану виробничих об'єктів, будинків, споруд, інженерних комунікацій, території ($r=0,71$);
- загальним відсотком організаційних причин та загальним відсотком технічних причин ($r=0,87$);
- загальним відсотком організаційних причин та відсотком незадовільного технічного стану виробничих об'єктів, будинків, споруд, інженерних комунікацій, території ($r=0,72$);

Таблиця 1

**Динаміка зміни причин та кількості нещасних випадків на виробництві,
професійних захворювань та індексу виробництва продукції в Україні за 2007-
2016 рр. [7, 9, 10]**

Показник	Роки									
	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Кількість зареєстрованих нещасних випадків на виробництві [7], у тому числі через:	22226 вип. (з них 1959 смертельні)	16671 вип. (з них 857 смертельні)	12705 вип. (з них 552 смертельні)	13109 вип. (з них 645 смертельні)	11640 вип. (з них 651 смертельні)	10822 вип. (з них 646 смертельні)	9221 вип. (з них 528 смертельні)	6850 вип. (з них 525 смертельні)	4592 вип. (з них 360 смертельні)	4766 вип. (з них 364 смертельні)
1. Організаційні причини, найпоширенішими з яких є, %:	77,6	77,8	76,7	78,0	80,0	70,0	68,0	63,7	65,0	65,1
1.1. Невиконання вимог інструкцій з охорони праці, %	31,0	50,2	52,2	44,0	45,3	38,6	38,0	35,9	36,8	35,6
1.2. Невиконання посадових обов'язків, %	4,0	3,1	2,7	-	8,9	8,9	8,9	7,9	8,8	8,7
1.3. Порушення правил безпеки руху (польотів), %	5,0	4,6	4,3	4,0	5,2	5,6	4,4	4,9	5,9	6,1
1.4. Порушення технологічного процесу, %	8,3	4,6	4,7	4,0	3,9	-	4,2	3,8	3,2	3,0
2. Технічні причини, найпоширенішими з яких є, %:	14,3	14,0	14,7	14,0	13,0	12,0	12,0	11,1	11,4	12,1
2.1. Незадовільний технічний стан виробничих об'єктів, будинків, споруд, інженерних комунікацій, території, %	6,2	6,9	7,0	7,0	3,92	3,7	4,5	3,3	3,5	4,1
3. Психофізіологічні причини, найпоширенішими з яких є, %:	8,1	8,2	8,6	8,0	7,0	18,0	20,0	25,2	23,6	22,8
3.1. Травмування (смерть) внаслідок протиправних дій інших осіб, %	3,0	2,5	2,9	3,0	8,0	2,8	3,4	4,6	7,0	5,8
Кількість зареєстрованих професійних захворювань [7], вип.	5947	6793	6046	4965	5396	5612	5861	4352	1764	1603
Індекс виробництва продукції (ІВП), % [9, 10]	110,2	96,9	78,1	112,2	103,4	94,4	99,0	82,8	98,4	103,1

- відсотком невиконання посадових обов'язків та загальним відсотком технічних причин ($r=-0,88$);

- відсотком невиконання посадових обов'язків та загальним відсотком психофізіологічних причин ($r=0,71$);

- відсотком незадовільного технічного стану виробничих об'єктів, будинків, споруд, інженерних комунікацій, території та загальним відсотком психофізіологічних причин ($r=-0,77$).

Чинник індекс виробництва продукції (ІВП) для проведення статистичного аналізу був обраний авторами з міркувань встановлення характеру та сили зв'язків між інтенсифікацією темпів виробництва, про що, зокрема, свідчить коефіцієнт ІВП, та

збільшенням кількості випадків виробничого травматизму та профзахворювань. Однак, проведений кореляційний аналіз, що виявив слабкий кореляційний зв'язок ($r=0,04-0,39$) ІВП з усіма дослідними показниками та чинниками, свідчить про те, що вони між собою майже не пов'язані.

Проведений аналіз статистичних даних показує, що найбільш поширеними причинами нещасних випадків на виробництві є організаційні (70%) [8].

Кореляційний аналіз виявив сильні та дуже сильні кореляційні зв'язки між дослідними парами, членом в яких є переважно організаційні причини, а саме невиконання вимог інструкцій з охорони праці, невиконання посадових обов'язків, порушення правил безпеки руху та порушення технологічного процесу.

Традиційно існує два основних шляхи мінімізації організаційних причин, які умовно можна позначити як:

1. Профілактичні (проведення інструктажів, профілактичних бесід, удосконалення нормативно-правової бази з охорони праці тощо).

2. Технічні (розробка, модернізація та впровадження на підприємствах технічних систем захисту небезпечних зон).

Перший шлях спрямовано на мінімізацію ризиків обумовлених можливим свідомим порушенням вимог безпеки. Цей процес є дуже важливим, але має відтермінований у часі результат та не гарантує досягнення та підтримання прийнятного рівня ризику (завдяки значному впливу на результат, стохастичного за своєю природою «людського фактора»).

Другий шлях дозволяє досягти та підтримувати прийнятні значення рівня ризику виникнення професійних небезпек за рахунок застосування на підприємствах сучасних автоматизованих систем безпеки. Такі системи дозволяють запобігти свідомим та не свідомим діям людини щодо порушення нормативно-правових вимог з охорони праці, а також унеможливити її контакт з небезпечною зоною. Окрім того, згідно ст. 4 Закону України «Про охорону праці», «...забезпечення суцільного технічного контролю за станом виробництв, технологій та продукції...» є одним із основних принципів державної політики в галузі охорони праці.

Відомі наступні автоматизовані системи, що спрямовані на підвищення рівня охорони праці та промислової безпеки на виробництвах [12–17].

Інтегрована система моніторингу об'єктів, що знаходяться під контролем (Патент RU № 2417451) [12] дозволяє значно підвищити рівень безпеки підприємства, шляхом здійснення постійного хімічного та радіаційного контролю, а також забезпечення необхідного рівню пожежовибухобезпеки підприємства.

Недоліком системи є:

- можливість вирішення дуже вузького кола питань, пов'язаного виключно з небезпекою впливу на працівника хімічних та радіаційних НШВФ (система не є універсальною);

- недостатня керованість (в рамках системи не передбачено можливості управління показниками, що контролюються);

- відсутність контролю за помилковими діями працівників (неефективність щодо мінімізації впливу «людського фактора»), особливо в небезпечних виробничих зонах.

Інформаційно-управляюча система комплексного контролю безпеки небезпечного виробничого об'єкта (Патент RU № 2536351) [13].

Система в своєму складі містить засоби отримання натуральних даних технологічного процесу та екологічної ситуації від ділянок небезпечного виробничого об'єкта в часі. Дана система дозволяє попередити можливі аварійні ситуації на хімічно-небезпечних підприємствах (об'єктах) шляхом оперативного застосування превентивних заходів. Принцип її роботи полягає в оцінці відхилень фактичних параметрів від встановлених показників.

Основними недоліками даної системи можна вважати:

– відсутність контролю за помилковими діями працівників (неефективність щодо мінімізації впливу «людського фактора») та рівнем їх підготовки з охорони праці і промислової безпеки.

– обмеженість застосування, оскільки система призначена лише для впровадження на хімічно-небезпечних підприємствах;

– неможливість контролю за іншими небезпечними зонами виробництва, окрім тих, де на працівника діють небезпечні і шкідливі виробничі фактори (НШВФ) хімічної групи.

Автоматизована система протиаварійного захисту шахт (Патент UA № 65121) [14] може застосовуватися для контролю за станом та ходом виробничого процесу, як в гірничій, так і в інших галузях промисловості, які характеризуються наявністю небезпечного технологічного середовища. Впровадження даної системи дозволяє здійснювати оперативне спостереження за технологічним процесом, контролюючи параметри безпеки та стан виробничого середовища; виявляти, на початкових стадіях виникнення, небезпеку та оперативно припиняти її розвиток; проводити прогноз аварійної ситуації на об'єкті.

Недоліком зазначеної системи є відсутність:

– контролю за помилковими діями працівників, які можуть спровокувати розвиток небезпечної, аварійної ситуації (недостатня ефективність щодо мінімізації впливу «людського фактора»);

– ефективних заходів безпеки на випадок аварійної позаштатної ситуації.

Система раннього виявлення надзвичайних ситуацій (Патент UA № 53753) [15] дозволяє проводити безперервний контроль поточних значень потенційно небезпечних технологічних параметрів. В автоматичному режимі забезпечує оперативне реагування відповідних служб підприємства, а також державних установ при різних рівнях загрози (або виникнення) надзвичайних ситуацій (НС). За рахунок використання інструментальних методів моніторингу, система дозволяє мінімізувати вплив «людського фактора» при виявленні загрози виникнення НС.

Недоліком системи є:

– недостатня універсальність (система спрямована на вирішення вузького кола питань, пов'язаних лише з хімічним зараженням місцевості чи об'єктів);

– неможливість автоматичного усунення причин виникнення або загрози виникнення НС (в рамках системи лише здійснюється збір даних, їх обробка та сигналізація про відхилення від встановлених нормованих значень);

– відсутність контролю за помилковими діями працівників, які можуть бути прямою чи опосередкованою причиною НС (недостатня ефективність щодо мінімізації впливу «людського фактора»).

Система автоматизованого контролю безпеки виробництв (Патент UA № 107315) [16] дозволяє зменшити кількість випадків виробничого травматизму та професійних захворювань; сповіщати на ранніх стадіях про деформацію несучих конструкцій будівель, споруд, а також частин виробничого обладнання, які витримують значні динамічні (вібраційні) навантаження; попередити виникнення промислових аварій та катастроф; підвищити культуру праці на виробництві; удосконалити процес контролю за навчанням та підготовкою працівників з охорони праці та промислової безпеки.

Недоліками зазначеної системи є:

– відсутність контролю за певними небезпечними зонами на підприємстві;

– низька ефективність щодо попередження і мінімізації виникнення професійних ризиків, пов'язаних з рухом внутрішньоцехового транспорту по території підприємства.

З метою усунення зазначених недоліків, авторами запропоновано власну автоматизовану систему, яка спрямована на мінімізацію ризиків виникнення професійних небезпек.

Система автоматизованого захисту небезпечних зон та підвищення безпеки руху внутрішньоцехового транспорту (САЗНЗтаПБРВТ), включає сполучені між собою лазерні

випромінювачі, які встановлені в небезпечних зонах виробничого обладнання, камери відеоспостереження за технологічним процесом, датчики GPS, які встановлені на внутрішньо цеховому транспорті підприємства, нормуючі перетворювачі, керуючий мікропроцесорний пристрій (КМП), персональний комп'ютер (ПК), підсилювачі сигналу, світло-звукові сигнальні пристрої, пристрої блокування виробничого обладнання і внутрішньоцехового транспорту (рис 2).



Рис. 2. Принципова схема роботи системи автоматизованого захисту небезпечних зон та підвищення безпеки руху внутрішньоцехового транспорту (САЗНЗтаПБРВТ)

Розроблена система працює наступним чином. Працівник перетинає промінь (або декілька променів одразу) від лазерних випромінювачів, які встановлені в небезпечних зонах виробничого приміщення, сигнал, через входи нормуючих перетворювачів надходить до аналого-цифрового перетворювача керуючого мікропроцесорного пристрою (КМП) та обробляється. Вихідний сигнал надходить до відповідного виходу КМП, проходить через підсилювач сигналу та вмикає/вимикає світло-звуковий сигнальний пристрій та пристрій блокування виробничого обладнання.

Інформація з камер відеоспостереження, які встановлено в небезпечних зонах виробничих приміщень, передається в он-лайн режимі на дисплей персонального комп'ютера (ПК). Оператор ПК стежить за ходом виробничого процесу і, при невідповідності дій працівника вимогам інструкції з охорони праці та пожежної безпеки (ОП та ПБ), в ручному режимі подає сигнал на світло-звуковий сигнальний пристрій на відповідному робочому місці та на сигнальний пристрій на посту оперативного чергового з охорони праці.

За кожне таке порушення працівнику нараховується певна кількість штрафних балів. Сума штрафних балів, інформація про порушення працівником вимог інструкцій з

ОП та ПБ протягом трудового стажу, відомості про терміни проходження інструктажів та спеціальних навчань з ОП та ПБ, результати перевірок знань з ОП та ПБ, терміни проходження планових медичних оглядів, а також регламентовані режими праці та відпочинку, з урахуванням умов праці, по кожному з працівників заносяться в загальну виробничу базу даних, яка розміщена на ПК.

Дані загальної виробничої бази використовуються для проведення атестації працівників, з урахуванням зафіксованих системою порушень вимог з ОП та ПБ, до яких він вдавався за певний період свого трудового стажу; розробки індивідуальних модулів для навчання і проведення інструктажів працівників з ОП та ПБ. Матеріали з загальної виробничої бази також можуть бути використані під час обліку та розслідування нещасних випадків на виробництві.

Інформація про пересування внутрішньоцехового транспорту від GPS датчиків передається в он-лайн режимі на дисплей персонального комп'ютера. Оператор персонального комп'ютера стежить за рухом внутрішньоцехового транспорту і, при відхиленні від заданого безпечного маршруту, в ручному або автоматичному режимі, подає сигнал на світло-звукові сигнальні пристрої та на пристрої блокування руху внутрішньоцехового транспорту.

Одночасно з обробкою сигналів в КМП відбувається його взаємодія з ПК через інтерфейс:

- відображається інформація про режими роботи камер відеоспостереження, лазерних випромінювачів, GPS датчиків, світло-звукових сигнальних пристроїв, пристроїв блокування виробничого обладнання і руху внутрішньоцехового транспорту;

- відображається заданий безпечний та реальний (отриманий з GPS датчиків) маршрут руху внутрішньоцехового транспорту;

- відправляються команди, щодо зміни режиму роботи камер відеоспостереження, лазерних випромінювачів, GPS датчиків, світло-звукових сигнальних пристроїв, пристроїв блокування виробничого обладнання і руху внутрішньоцехового транспорту;

- передається зображення з камер відеоспостереження;

- при отриманні сигналу від лазерного випромінювача, який свідчить про вторгнення працівника в небезпечну зону, зображення з камери відеоспостереження, яка це фіксує, виводиться на монітор оператора у повноекранному режимі.

- обробляється та заносяться у загальну виробничу базу даних інформація щодо порушень вимог з ОП та ПБ, нарахування балів, необхідності проведення навчань та перевірок знань працівників, проходження медичних оглядів тощо;

- на основі занесеної до бази інформації, оперативно формуються індивідуальні навчальні модулі, які враховують обставини, що супроводжували порушення, особистість працівника (досвід, кваліфікацію), попередні порушення.

Система постійно стежить за небезпечними зонами у виробничому приміщенні, рухом внутрішньоцехового транспорту лише по заданому, безпечному для працівників, маршруту та оперативно інформує про ризик виникнення небезпеки.

Запропонована авторами система запатентована [18].

Висновки.

1 На основі проведеного статистичного аналізу щодо причин виникнення нещасних випадків, визначено доцільність застосування на підприємствах сучасних автоматизованих систем безпеки для досягнення та підтримки прийнятних значень рівня ризику виникнення професійних небезпек.

2 Недоліками існуючих автоматизованих систем, що спрямовані на підвищення рівня охорони праці на виробництвах є:

- відсутність контролю за певними небезпечними зонами на підприємстві;
- низька ефективність щодо попередження і мінімізації виникнення професійних ризиків, пов'язаних з рухом внутрішньоцехового транспорту по території підприємства;
- обмеженість для застосування на підприємствах різних галузей;

– неефективність щодо мінімізації впливу «людського фактора» тощо.

3 Запропонована автоматизована система спрямована на мінімізацію ризиків виникнення професійних небезпек, за рахунок постійного контролю з боку технічних засобів за небезпечними зонами та рухом внутрішньоцехового транспорту.

Література

- 1 ДСТУ 2293:2014 Охорона праці. Терміни та визначення основних понять.
- 2 Бочковський А. П. «Людський фактор» та професійний ризик: випадковість чи закономірність [Текст] / А. П. Бочковський // *Зернові продукти і комбікорми*, 2014. – № 4 (56). С. 7-13. doi:10.15673/2313-478x.56/2014.36124
- 3 Белікова А.С. Обґрунтування необхідності управління виробничим ризиком [Текст] / А.С. Беліков, М.А. Касьянов, О.М. Гунченко, Ю.А. Тищенко // *Строительство, материаловедение, машиностроение. Серия Безопасность жизнедеятельности*, 2016. – Вип. 93. – С. 93–105.
- 4 Смирнитская, М. Б. Качественный анализ системы управления охраной труда машиностроительного предприятия [Текст] / М.Б. Смирнитская // *Машиностроение*. – 2015. – № 16. – С. 139–144. <http://repo.uira.edu.ua/jspui/handle/123456789/4802>
- 5 Кружилко О.Є. Удосконалення комплексної оцінки стану охорони праці на підприємствах [Текст] : автореф. дис. ... канд. техн. наук. : 05.26.01 / О.Є. Кружилко. – Київ, 2001. – С. 20
- 6 Богданова О.В. Удосконалення науково-методичних підходів до планування заходів зі зниження виробничих ризиків [Текст] : автореф. дис. ... канд. техн. наук. : 05.26.01 / О.В. Богданова. – Київ, 2016. – С. 20
- 7 Аналіз страхових нещасних випадків та професійних захворювань в Україні в 2007 – 2016 рр. Фонд соціального страхування від нещасних випадків на виробництві та професійних захворювань в Україні [Електронний ресурс] / Режим доступу: <http://www.social.org.ua/activity/stat> ,
- 8 Bochkovskii, A. P. Promising direction for improving regulatory legal framework on labour protection forenterprises production food nd beverages [Text] / A. P. Bochkovskii, N. Y. Sapozhnikova // *Environmenta safety and sustainable resources management*. – 2015. – № 2 (12). – P. 85–93. DOI: 10.13140/RG.2.1.4156.3927
- 9 Індекс виробництва продукції в Україні по роках. Мінфін [Електронний ресурс] / Режим доступу: <http://index.minfin.com.ua/index/prom/>
- 10 Основні показники соціально-економічного розвитку України за 2007 – 2016 рр. Державна служба статистики України [Електронний ресурс] / Режим доступу: <http://www.ukrstat.gov.ua/>
- 11 Харченко, М.А. Корреляционный анализ [Текст]: Учебное пособие для ВУЗов / М.А. Харченко. – ВГУ, 2008. – 31 с
- 12 Інтегрована система моніторингу об'єктів, що знаходяться під контролем. Патент Російської Федерації на корисну модель МПК G08B19/00 [Текст] / Александров О.М., Котлик В.Є., Соловьев С.М., Антонов Л.Ю. - № 2417451; заявл. 03.07.2006; опубл. 24.04.2011 [Електронний ресурс] / Режим доступу: <http://www.freepatent.ru/patents/2417451>
- 13 Інформаційно-управляюча система комплексного контролю безпеки небезпечного виробничого об'єкта. Патент Російської Федерації на корисну модель МПК G06F17/00, G08B23/00, G01W1/00 [Текст] / Алексеев В.О., Бурков В.М., Вахрушев С.А. - № 2536351; заявл. 02.07.2013; опубл. 20.12.2014 [Електронний ресурс] / Режим доступу: <http://www.freepatent.ru/patents/2536351>
- 14 Автоматизована система протиаварійного захисту шахт. Патент України на корисну модель МПК E21F 17/18, G08B 31/00 [Текст] / Сіненко В.В., Сіроткін О.А., Курносів В.Г., Сірченко В.М., Мухін П.Є., Большаков П.Я. - № 65121; заявл. 10.07.2008; опубл. 25.11.2008, Бюл. 22 [Електронний ресурс] / Режим доступу: <http://uapatents.com/5-37488-avtomatizovana-sistema-kompleksno-bezpeki-shakht.html#metki>
- 15 Система раннього виявлення надзвичайних ситуацій. Патент України на корисну модель МПК G08B 19/00 [Текст] / Плотников І.В., Плотников Д.В., Липчанський В.І. - № 53753; заявл. 12.08. 2010; опубл. 11.10.2010, Бюл. 19 [Електронний ресурс] / Режим доступу: <http://uapatents.com/4-53753-sistema-rannogo-viyavlennya-nadzvichajnikh-situacij.html>
- 16 Система автоматизованого контролю безпеки виробництв. Патент України на корисну модель МПК G08B 23/00, G06F 17/00 [Текст] / Бочковський А.П., Сапожнікова Н.Ю. - № 107315; заявл. 29.12.2015; опубл. 25.05.2016, Бюл. 10 [Електронний ресурс] / Режим доступу: <http://uapatents.com/7-107315-sistema-avtomatizovanogo-kontrolyu-bezpeki-virobnictv.html>
- 17 Бочковський, А. П. Формалізація системи автоматизованого контролю і підвищення безпеки виробництв [Текст] / А. П. Бочковський, Н.Ю. Сапожнікова // *Вісник Львівського державного університету безпеки життєдіяльності*, 2017. – № 15 – С. 114–123 DOI: 10.13140/RG.2.2.11062.29762

18 Система автоматизованого захисту небезпечних зон виробництва та безпеки руху внутрішньо цехового транспорту. Патент України на корисну модель МПК G06F 17/00, G08B 23/00 [Текст] / Бочковський А.П., Сапожнікова Н.Ю. - № 116307; заявл. 19.12.2016; опубл. 10.05.2017, Бюл. 9 [Електронний ресурс] / Режим доступу: https://www.researchgate.net/publication/317175918_Sistema_avtomatizirovanoj_zasity_opasnyh_zon_proizvodstva_i_bezopasnosti_dvizenia_vnutricehovogo_transporta_The_system_of_automated_protection_of_hazardous_production_zones_and_traffic_safety_of_in-v

© А. П. Бочковський,
Н. Ю. Сапожнікова

*Надійшла до редакції 25 вересня 2017 р.
Рекомендував до друку
докт. техн. наук Я. М. Семчук*

УДК 331.45:331.46-044.68

*А. М. Гайдін
Інститут «ГІРХІМПРОМ»*

ГЕОМЕХАНІКА СТЕБНИЦЬКОГО ПРОВАЛУ

Запропоновано математичний опис складових процесу провалу земної поверхні над виробленим простором рудника №2 в м. Стебнику Львівської області. Виділені наступні стадії процесу: підрізання ціликів внаслідок їх розчинення ненасиченим розсоллом, обвалення ціликів, вивал водозахисної стелени, течія покриваючих нестійких порід у порожнину, формування провальної лійки.

Ключові слова: соляна шахта, затоплення, розчинення, склепіння, ядро текучості, провал.

A mathematical description of the components of sinkhole formation process above the mine 2 worked – out space in the town of Stebnyk, Lviv Region, has been suggested. The following stages of the process have been singled out: undermining of support pillars by unsaturated salt solution, collapse of the support pillars, fall of the water-blocking roof, flow of unstable overburden rocks into the void , formation of a collapse sinkhole.

Key words: salt mine, flooding, dissolution, dome of equilibrium, flowing main body, sinkhole

Постановка проблеми. Багато соляних рудників були знищені внаслідок прориву прісної води в гірничі виробки. Така ситуація склалась із рудником №2 в Стебнику, де 30 вересня 2017 року над видобувними камерами пласта №10 утворився провал поверхні діаметром більше 200 м і глибиною біля 45 м.

Поклади кам'яної і калійної солей водотривкі, непроникливі. Зверху вони зазвичай перекрыті елювієм – слабо проникливими глинистими породами (кепроком), які захищають соляний масив від агресивних підземних і поверхневих вод. Однак, на контакті солей з покриваючими породами (соляному дзеркалі), залишається проникливий шар деструктурованої солі, що вміщує розсіл. На ділянках сучасного або древнього розмиву кепроку розсільний горизонт гідравлічно зв'язаний з водами зони активного водообміну. В природних умовах водообмін у розсільному горизонті дуже повільний. Але коли його розкривають гірничими виробками, починається рух розсолу. В зоні живлення до соляного дзеркала підтягується прісна вода. Вода розчиняє сіль, розвивається карстовий канал. Провідність розсільного горизонту зростає, приплив води в шахту збільшується. Течія агресивної води у гірничі виробки створює небезпеку їх руйнування, обвалу покриваючих порід, знищення рудника.