

6. **Коротких М. Т., Ушомирская Л. А.** Особенности применения плазменного нагрева при обработке труднообрабатываемых материалов резанием. – *Металлообработка*. – СПб. №2 (68) 2012. – с. 23-27.
7. **Мрочек Ж. А., Кожуро Л. М., Хейфец М. Л.** Плазменно-механическая обработка материалов. – *Вестник ГГТУ имени П.О. Сухого*. – Гомель, №4 (26) 2006. – с. 44-47.
8. **Лолодзе Т.Н.** Прочность и износостойкость режущего инструмента. М.: Машиностроение, 1982. – 320 с.
9. **Подураев В.Н.** Автоматически регулируемые и комбинированные процессы резания. М.: Машиностроение, 1977. – 304 с.
10. **Нечаев В.П., Позняков И.Н.** Структурные превращения в срезаемом слое при плазменно-механической обработке. – *«Плазмотехнология»*: Сб. науч. тр. – Киев. – 1991. – С. 35-37
11. **Кунин В.С.** Опыт внедрения плазменно-механической обработки. – Л.: ЛДНТП, 1982. – 28с.
12. **Резников А.Н., Резников Л.А.** Энергетические расчеты при резании с плазменным подогревом обрабатываемого материала. – *Энергомашиностроение*, 1981, №11, с. 26-28
13. The PERA «Cutfast» plasma-assisted Hot-machining process. – *Engineering Digest (Canada)*, 1977, 38, №7, p. 17.
14. **Вакаса Х.** Применение обработки резанием с плазменным подогревом. – *Oyo kikai kogau (Mechanical Engineering Application)*, 1976, т. 17, №3, с. 54-59.
15. **Шатуров, Г. Ф.** Прогрессивные процессы механической обработки поверхностей / Г. Ф. Шатуров, Ж. А. Мрочек. – Минск : УП «Технопринт», 2001. – С. 460.

Рукопис подано до редакції 13.04.2018

УДК 331.452

Т. М. ТАІРОВА, канд. хім. наук, ст. наук. співроб.

ДУ «Національний науково-дослідний інститут промислової безпеки та охорони праці», Київ

ОЦІНЮВАННЯ РЕЗУЛЬТАТИВНОСТІ СУОП У ХІМІЧНОМУ КОМПЛЕКСІ

Мета. Оцінювання результативності функціонування системи управління охороною праці та її підсистем, формування науково обґрунтованих заходів запобігання виробничому травматизму.

Методи дослідження. Для досягнення поставленої мети використано системний підхід, метод комплексного аналізу щорічної статистичної звітності про нещасні випадки за організаційними, технічними та санітарно-гігієнічними причинами їх настання, аналітичний метод визначення ризику аварій на підприємствах хімічного комплексу з використанням програми «IRRAS» та встановлення залежностей функціонування системи охорони праці від показників, що характеризують чинники зовнішнього і внутрішнього середовища на підприємствах хімічного комплексу. Розроблено методику визначення ризику настання нещасних випадків на виробництві з позицій дотримання як працівником, так і роботодавцем нормативних актів з охорони праці. Вивчення поведінки системи управління охороною праці в хімічному комплексі проведено з використанням системного підходу на основі математичної моделі.

Наукова новизна. Уперше побудовано математичну модель системи охорони праці, яка на відміну від існуючих, дозволяє комплексно оцінити результативність функціонування системи охорони праці з урахуванням результативності функціонування усіх її підсистем, та визначити той чинник, який найбільшим чином впливає на її результативність.

Практична значимість. Отримані результати дозволяють розробляти для хімічної галузі науково-обґрунтовані управлінські рішення та найбільш ефективні заходи, які ґрунтуються на комплексному оцінюванні результативності функціонування СУОП та її підсистем – системи охорони праці, а їх використання дозволяє запобігати небезпечним ситуаціям, аваріям та виробничому травматизму у хімічному комплексі.

Результати. Визначено, що проблемні питання охорони праці на підприємствах хімічного комплексу в Україні, пов'язані перш за все з високим рівнем ймовірності настання небезпечних ситуацій та аварій, які можуть призводити до травмування працівників, а також супроводжуватись хімічним зараженням прилеглих до комплексу територій. Для вирішення зазначених питань проведено комплексний аналіз результативності функціонування кожної підсистем системи охорони праці, визначено узагальненні або найбільш впливові показники для їх оцінювання, кількісно оцінено ризик настання небезпечних ситуацій та нещасних випадків на виробництві на основі програми «IRRAS» та розробленої методики, в основу якої покладено складне групування статистичних даних щодо порушень вимог НПАОП для основних учасників трудового процесу - працівника і роботодавця. Розроблено математичну модель системи охорони праці для хімічного комплексу, яка включає показники, що оцінюють кожен її підсистему, а саме економічну, технічну, організаційну, санітарно-гігієнічну і правову, що дозволяє комплексно досліджувати поведінку системи охорони праці і розробляти заходи, спрямовані як на стабілізацію системи охорони праці та СУОП, так і підвищення результативності їх функціонування.

Ключові слова: СУОП, виробничий травматизм, система охорони праці, внутрішні та зовнішні чинники, математичне моделювання, хімічний комплекс.

doi: 10.31721/2306-5451-2018-1-47-153-160

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями. Небезпечні ситуації та аварії на підприємствах хімічного комплексу супроводжуються не тільки травмуванням працівників, але можуть стати причиною хімічного зараження місцевості та приземного шару повітря, що несе реальну загрозу життю і здоров'ю населення, яке проживає на прилеглий до підприємства території, та призводити до забруднення навколишнього середовища. Для вирішення цієї проблеми кожна країна має свої підходи, що залежать від багатьох обставин і тісно пов'язані з рівнем індустріалізації країни, яка характеризується широким використанням інформаційної техніки і технологій, концентрацією виробництва та значними змінами в організації та управлінні виробництвом.

Переважає більшість підприємств хімічної, нафтохімічної та нафтопереробної промисловості в Україні (далі – хімічний комплекс), є реальною загрозою настання надзвичайної ситуації техногенного та природного характеру оскільки на них знаходяться як об'єкти підвищеної небезпеки (ОПН), так і потенційно небезпечні об'єкти (ПНО), на яких використовуються, виготовляються та зберігаються одна або кілька небезпечних речовин у кількості, що дорівнює або перевищує нормативно встановлену порогову масу та які є реальною загрозою настання надзвичайної ситуації техногенного та природного характеру. Небезпечні ситуації на підприємствах хімічного комплексу супроводжуються не тільки травмуванням працівників, але можуть стати причиною хімічного зараження місцевості та приземного шару повітря, що несе реальну загрозу життю і здоров'ю населення, яке проживає на прилеглий території. Такими є переважна більшість підприємств хімічного комплексу [1]. За оцінками експертів, ресурсне зношення технологічного обладнання в Україні складає від 60 % до 80 %, а дефіцит інвестицій практично блокує процес оновлення основних фондів. Зазначене відбивається на рівні технологічної, виробничої і трудової дисципліни на підприємствах хімічного комплексу, на деяких з них відмічається безвідповідальне ставлення керівників підприємств і виробничого персоналу до виконання посадових обов'язків та дотримання нормативно-правових актів з охорони праці, що свідчить, перш за все, про низький рівень результативності системи управління охороною праці на підприємствах хімічного комплексу.

Значні економічні наслідки нещасних випадків на виробництві, які, в основному, викликані ушкодженням здоров'я або смертю працівника, а також супутніми виробничими витратами та пов'язані із зниженням рівня продуктивності праці, медичними та юридичними витратами тощо, викликають стурбованість громадськості, науковців, підприємців. За узагальненою модельною оцінкою МОП кожна розвинена країна світу щорічно втрачає в результаті нещасних випадків на виробництві та професійних захворювань більше ніж 4 % свого ВВП. Мінімальний обсяг втрат від виробничого травматизму та профзахворюваності в Україні, визначений за вищезазначеною модельною оцінкою МОП за показниками ВВП 2014–2016 рр., в середньому становив щонайменше 4 млрд грн. щорічно. Одним із пріоритетних завдань у галузі охорони праці є зменшення зазначених втрат шляхом розроблення наукових засад запобігання виробничому травматизму.

Аналіз досліджень і публікацій. Питання результативності СУОП, безпеки праці, аналізу нещасних випадків і аварій на підприємствах хімічного комплексу, дослідження ризику травмування працівників на ОПН і ПНО у різних аспектах життєдіяльності детально розглядали науковці різних країн, серед яких зазначимо праці L. Korzeniowski [2, 3], L. Hofreiter [4], М. В. Лісанова [5], В. В. Бегуна [6, 7], В. В. Березуцького [8] та ін. Проте у наукових працях майже не приділялась увага питанням оцінювання результативності функціонування СУОП і розробленню заходів щодо її підвищення, підвищенню рівня дотримання роботодавцями та працівниками нормативних актів з охорони праці, недотримання яких є основною причиною надзвичайних ситуацій на підприємствах хімічного комплексу. До цього часу в Україні відсутні методики та критерії кількісного оцінювання стану дотримання роботодавцем і працівником вимог законодавчих і нормативних актів з охорони праці та визначення ризику настання нещасних випадків на виробництві через дії або бездіяльність вищезазначених осіб. Законодавством України не тільки не передбачено види відповідальності роботодавця (дисциплінарна, санкції у вигляді штрафу тощо) за невиконання зазначених вимог, але і відсутнє однозначне визначення поняття роботодавця в Законі України «Про охорону праці» [9].

Недотримання та нехтування працівниками та роботодавцями вимог законодавчих і нормативно-правових актів з охорони праці є основною причиною надзвичайних ситуацій техноген-

ного характеру та нещасних випадків на підприємствах. Прикладом однієї з них є надзвичайна ситуація техногенного характеру на території підприємства з виробництва органічних і неорганічних хімічних речовин під Києвом, що сталася через порушення роботодавцем і працівниками нормативних актів з охорони праці та призвела до вибуху на об'єкті перероблення, транспортування та зберігання легкозаймистих, горючих і вибухових речовин, який супроводжувався викидом небезпечних речовин і розвитком пожежі. Внаслідок аварії загинули та були тяжко травмовані працівники підприємства, сталися небезпечні деструкційні зміни умов навколишнього середовища локального масштабу [10, 11].

Основною причиною надзвичайних ситуацій, які стаються на підприємствах хімічного комплексу, є сукупність організаційних і технічних причин, порушення вимог яких стало можливим через відсутність або низький рівень результативності функціонування наявної на підприємстві СУОП. До цього часу науковці досліджували та оцінювали СУОП як єдиний об'єкт, а заходи, що розроблялись та пропонувались для підвищення результативності її функціонування, були недостатньо ефективними.

З метою пошуку шляхів підвищення результативності СУОП, зниження рівня виробничого травматизму і розроблення інструментарію прийняття управлінських рішень як на рівні підприємства, так і на рівні держави, ведуться дослідження, спрямовані на визначення впливу на рівень виробничого травматизму шкідливих та небезпечних чинників, державного управління з охорони праці, стану нормативно-правового забезпечення. Значна увага фахівців приділяється аналізу проблем та перспективам поліпшення функціонування системного менеджменту з охорони праці на підприємствах країни, тобто проблемі удосконалення системи управління охороною праці. Зазначені питання знайшли відображення у роботах таких авторів як Г. Г. Гогіташвілі [12], Г. Г. Лесенка [13].

Віддаючи належне науковим напрацюванням з цієї проблематики, слід зауважити, що дослідження проводились у декількох окремих напрямках, які перш за все стосувались вузьких питань конкретного підприємства, технологічного процесу або обладнання, яке мало конструктивні недоліки або морально застаріло, вичерпало передбачений паспортним ресурс, але до цього часу ще експлуатується. При цьому спроби вирішити проблемні питання технічного та організаційного спрямування не давали бажаних суттєвих результатів, оскільки всі вони були спрямовані на подолання проблемних питань охорони праці на конкретному підприємстві, в одній окремо взятій галузі, а їх результати практично не позначались на рівні виробничого травматизму в країні в цілому. В контексті зазначеного актуальною науковою задачею є створення математичної моделі системи охорона праці. Результати розробки мають бути покладені в основу розроблення наукових засад підвищення результативності СУОП, що дозволить знизити імовірність техногенних ситуацій та виробничого травматизму. До речі, огляд наукових джерел свідчить не тільки про відсутність оцінювання результативності СУОП як цілісного утворення, що складається з окремих підсистем та елементів, а і про те, що навіть можливість такого оцінювання не припускалась.

Постановка завдання. Метою цієї роботи є оцінювання результативності функціонування системи управління охороною праці та її підсистем, формування науково обґрунтованих заходів запобігання виробничому травматизму на основі використання системного підходу та математичного моделювання.

Для досягнення поставленої мети сформульовано такі завдання:

визначити теоретичні і методичні положення дослідження охорони праці як складної динамічної системи, виявити проблеми її розвитку та сформулювати показники її оцінювання;

виявити закономірності впливу чинників зовнішнього і внутрішнього середовища на функціонування системи охорона праці;

побудувати математичну модель системи охорона праці, яка встановлює аналітичні залежності функціонування системи охорона праці від показників, що характеризують чинники зовнішнього і внутрішнього середовища для хімічної галузі;

сформулювати науково-обґрунтовані заходи запобігання виробничому травматизму на основі результатів оцінювання функціонування системи охорона праці.

Викладення основного матеріалу дослідження. Система управління охороною (СУОП) праці є складовою частиною загальної системи управління на будь-якому рівні та являє собою упорядковану сукупність підсистем (елементів), між якими існує закономірний зв'язок і взає-

модія. СУОП, як і будь-яка система управління, передбачає наявність як керованої системи – об'єкта управління, тобто системи охорона праці, так і суб'єкта управління – керуючої системи, що має забезпечувати нормальний режим роботи підсистем об'єкта управління в умовах впливу зовнішнього середовища [14].

Для дослідження систем використовується системний підхід, тобто особлива методологія (комплекс методів), відповідно до якої будь-яке явище має розглядатись як цілісність – складна взаємодія частин, що має властивості відсутні у кожній з частин окремо. При цьому щодо навколишнього середовища система виступає одночасно і як єдине ціле, і як безліч елементів.

Аналіз наукових досліджень з питань оцінювання СУОП на підприємствах хімічного комплексу свідчить про низький рівень результативності її функціонування. Основною проблемою низького рівня результативності СУОП є те, що до цього часу однозначно не визначено критерії оцінювання як результативності її функціонування, так і результативності функціонування її підсистем, хоча цим питанням має приділятися значна увага. Розглядаючи питання результативності функціонування СУОП на підприємствах, Г. Г. Лесенко із співавторами запропонував оцінювати СУОП за сукупністю критеріїв, які умовно були поділені на дві групи [13]:

показники, що характеризують результативність системи та відображаються через кінцеві результати функціонування СУОП, а саме: показники зниження рівня виробничого травматизму та профзахворювань, кількість обладнання, будівель, технологічних процесів, що не відповідає нормативним актам з охорони праці, тощо;

кількісно-якісні показники, що використовуються як обмеження практичного діапазону критеріїв оцінки результативності функціонування СУОП.

Автори вважали, що для аналізу результативності функціонування СУОП варто залучати якомога більшу кількість показників та вибирати серед них такі, що більшою мірою відображають результативність функціонування СУОП на підприємстві.

Значення вихідних показників визначали у тестовому режимі, наприклад, за наявності документів системі присвоюється значення 1, а за відсутності – 0.

Результативність функціонування СУОП автори визначали за формулою

$$E = \Phi \cdot \sum_{i=1}^9 (K_i \cdot P_i), \quad (1)$$

де Φ – ваговий коефіцієнт, що враховує порушення вимог щодо дії основних функцій в системі управління охороною праці

$$\Phi = (\Phi_0 + \Phi_n + \Phi_z + \Phi_a + \Phi_p + \Phi_o + \Phi_b + \Phi_n + \Phi_k + \Phi_c) / 10, \quad (2)$$

де $K_1 \dots K_9$ – умовні вагові коефіцієнти впливу основних завдань системи управління охороною праці на результативність СУОП; $P_1 \dots P_9$ – коефіцієнти, що характеризують стан умов та охорони праці на підприємстві.

Для визначення рівня результативності функціонування СУОП було запропоновано шкалу від 0 до 1, відповідно до якої найвищий рівень результативності знаходиться в межах від 0,9 до 1 [13].

Виходячи з викладеного, науковці досліджували СУОП як цілісний об'єкт, не беручи до уваги те, що система управління охороною праці, як і кожна система управління, складається з двох підсистем: керуючої (керуючий орган) та керованої (система охорона праці). При цьому не враховувався той факт, що для прийняття управлінського рішення керуюча система має володіти не тільки інформацією щодо результативності функціонування технічної підсистеми, а і усіх підсистем системи охорона праці, які до цього часу не аналізувались та не досліджувались. Таким чином, дослідження з оцінювання результативності функціонування системи управління охороною праці не тільки не втрачають актуальності, але і потребують нового підходу.

Відомо, що на функціонування СУОП впливають чинники зовнішнього середовища, які є джерелом забезпечення системи ресурсами, необхідними для підтримання її внутрішнього потенціалу на необхідному рівні для досягнення цілей, та умовно поділяються на чинники зовнішнього середовища прямого і непрямого (опосередкованого) впливу. Зовнішнє середовище прямого впливу включає елементи, що безпосередньо впливають на стан системи охорона праці, як то закони, нормативно-правові акти, державні установи (наглядова діяльність з охорони праці) тощо. Чинники зовнішнього середовища непрямого (опосередкованого) впливу визначають напрями процесів у економіці, формують загальні тенденції розвитку галузі на віддалену перспективу. Основним змістом керуючої системи є переведення керованої системи з одного

стану в інший відповідно до поставленої мети. Підставою для прийняття управлінського рішення є результати оцінювання результативності функціонування керованої системи з урахуванням змін, що відбуваються в об'єкті управління при зміні чинників зовнішнього середовища, тобто параметрів вхідних впливів та реакції об'єкта на ці впливи. На кожному рівні управління стан системи охорона праці (стан її підсистем, елементів підсистем та ін.) визначається значеннями характеристичних параметрів складових її елементів та їх похідних. Перехід системи з одного стану в інший характеризується зміною значень параметрів та їх похідних у часі та просторі.

Розглядаючи систему охорона праці як складну динамічну систему, яка змінюється у часі, доцільно виконати модельні дослідження та оцінити результативність функціонування кожної з її підсистем, встановити взаємозв'язок у часі між показниками виробничого травматизму та узагальненими показниками, що інтегрально характеризують кожну підсистему системи охорона праці. Формальна модель функціонування динамічної системи охорона праці (S) має узагальнений вид (3)

$$S = (X_1, X_2, X_3, Y, F, Z(t), K, T), \quad (3)$$

де X_1, X_3 – множина вхідних змінних, тобто множина показників, за якими оцінюється зовнішні впливи; (X_1 – множина вхідних змінних, тобто множина показників, за якими оцінюється стан соціально-економічного розвитку країни або галузі, та X_3 – множина вхідних змінних, за якими оцінюється стан державного управління з охорони праці (наглядова діяльність з охорони праці); X_2 – множина показників, за якими оцінюється стан внутрішнього середовища, організаційна, технічна та санітарно-гігієнічна складова системи охорона праці; Y – множина вихідних змінних, за якими оцінюється стан та функціонування системи охорона праці; F – множина обмежень; K – критерії вибору; $Z(t)$ – функція станів; T – період.

Економічна підсистема системи охорона праці у хімічному комплексі оцінюється індексом виробленої продукції. Технічна підсистема системи охорона праці характеризується станом справності обладнання, яке використовується на підприємствах хімічного комплексу, та оцінюється діями або бездіяльністю роботодавця щодо його забезпечення. Динаміку змін індексу виробленої хімічної продукції та показників, що характеризують технічну підсистему охорона праці представлено на (рис. 1).

Для оцінювання ризику настання нещасних випадків, у тому числі з технічних причин, на підприємствах хімічного комплексу розроблено спеціальну методика з опосередкованого оцінювання технічної підсистеми (технічного стану обладнання, технічних процесів та будівель) через рівень дотримання роботодавцем нормативних актів з охорони праці. Використання зазначеної методики, дозволяє не тільки кількісно визначати ризик настання проблемної ситуації на підприємствах хімічного комплексу, але і розробляти не узагальнені управлінські рішення, а ті, що мають бути спрямовані безпосередньо на ту особу (роботодавця), яка відповідає за технічний стан обладнання. Адже відповідно до ст. 13 Закону України «Про охорону праці» обов'язки щодо створення та забезпечення належного технічного стану робочого місця в кожному структурному підрозділі покладено на роботодавця.



Рис. 1. Динаміка змін показників, що характеризують підсистему системи охорона праці

Визначений за вищевказаною методикою ризик нещасних випадків через незадовільний технічний стан робочого місця на підприємствах хімічного комплексу виявився найвищим се-

ред показників ризику в інших галузях діяльності та становив $2,5 \cdot 10^{-4}$ (рис. 2). До відома, максимально прийнятний рівень індивідуального ризику загибелі людини, дорівнює 10^{-6} .

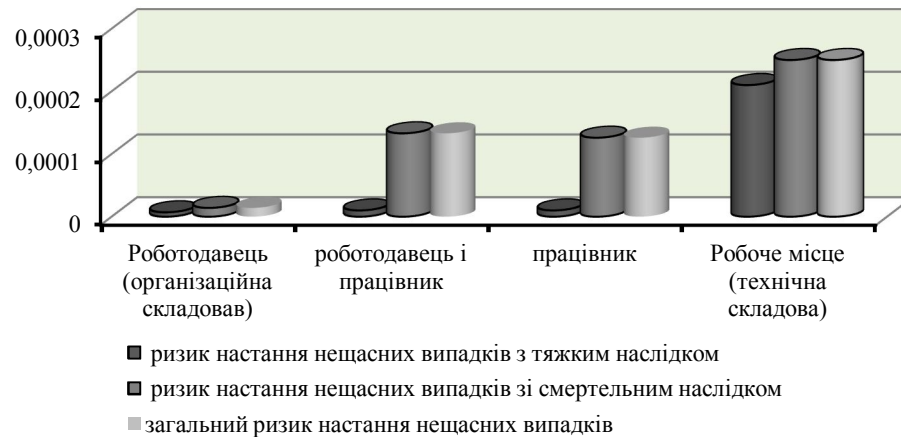


Рис. 2. Ризик настання нещасних випадків на виробництві на підприємствах хімічного комплексу

Порівняльну динаміку рівня ризику настання нещасних випадків з тяжкими та смертельним наслідками на підприємствах хімічного комплексу через невиконання працівниками або роботодавцями нормативних актів з охорони праці наведено на рис. 2. Аналіз кількісних характеристик ризику дозволяє однозначно стверджувати, що на підприємствах хімічного комплексу роботодавець не дотримується вимог законодавчих і нормативних актів з охорони праці з питань створення безпечних умов праці. Результати визначення ризику настання небезпечної події через недотримання роботодавцем нормативних актів з охорони праці, отримані за розробленою автором методикою, співпадають з результатами попередніх досліджень автора щодо кількісної оцінки ризику настання аварій, зокрема на об'єктах підвищеної небезпеки нафтопереробного підприємства (ОПН) [15].

Результати розрахунку дерева відмов «RRAZ» (рис. 3), які проводились за допомогою програми «IRRAS» показали, що імовірність утворення хмари парів нафтопродуктів при розгерметизації резервуару з подальшим повним його руйнуванням і розливом нафти становить $P_2 = 1,581 \cdot 10^{-4}$, а за розробленою автором методикою ймовірність розгерметизації резервуару або інші проміжні події, пов'язані з технічними несправностями обладнання та викидом небезпечних речовин – $P_2 = 2,5 \cdot 10^{-4}$.

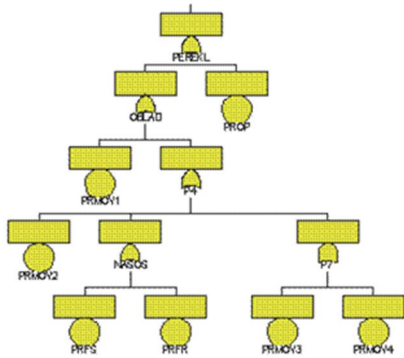


Рис. 3. Дерево відмов «RRAZ»

Для оцінювання результативності СУОП на підприємствах хімічного комплексу розроблено математичну модель системи охорона праці (4), яка відображає закономірності змін коефіцієнта тяжкості виробничого травматизму від змін чинників зовнішнього і внутрішнього середовища та дозволяє проводити оцінку результативності СУОП[16].

З урахуванням стану всіх підсистем математичну модель системи охорона праці для хімічного комплексу з позицій дотримання як роботодавцем, так і працівником нормативних актів з охорони праці представлено в узагальненому вигляді рівнянням (4), а працівника – рівнянням (5)

$$Y = 21,89 + 0,01126 X_1^2 - 1,1274 X_1 + 0,0219 X_{2R}^2 - 0,8754 X_{2R} + 0,0397 X_{3R}^2 - 0,8338 X_{3R} - 0,0001 X_1 X_{2R}^2 + 0,0014 X_1 X_{2R} + 0,0021 X_{2R} X_{3R}^2 - 0,0472 X_{2R} X_{3R} - 0,0003 X_{3R} X_1^2 + 0,0173 X_{3R} X_1, \quad (4)$$

$$Y = 21,89 + 0,0113 X_1^2 - 1,1274 X_1 + 0,0272 X_{2P}^2 - 0,5756 X_{2P} + 0,1359 X_{3P}^2 - 2,2590 X_{3P} - 0,0018 X_1 X_{2P}^2 - 0,0411 X_1 X_{2P} - 0,0038 X_{2P} X_{3P}^2 + 0,0821 X_{2P} X_{3P} - 0,0014 X_{3P} X_1^2 + 0,1111 X_{3P} X_1, \quad (5)$$

де X_1 – узагальнений показник, що характеризує стан економічного розвитку хімічної галузі (індекс виробленої продукції); X_{2R} – узагальнений показник, що характеризує внутрішнє середовище системи охорона праці (технічний, організаційний та санітарно-гігієнічний чинни-

ки); X_{2P} – узагальнений показник, що характеризує внутрішнє середовище системи охорона праці (організаційний чинник); X_{3R} – показник, що характеризує стан державного управління охороною праці, найбільш впливовий показник наглядової діяльності з охорони праці – середній розмір штрафних санкцій на роботодавця, а X_{3P} – середній розмір штрафних санкцій на працівника.

Дослідження результативності функціонування системи охорона праці з використанням математичної моделі дозволяють оцінити стан системи та залежно від його змін вживати заходи випереджального характеру, спрямовані на стабілізацію системи охорона праці, базуючись на значенні показників виробничого травматизму та результатах оцінки впливу проаналізованих чинників на функціонування системи охорона праці. Аналіз математичних моделей функціонування системи охорона праці у хімічному комплексі показав, що із всіх чинників зовнішнього і внутрішнього середовища найбільший вплив на результативну ознаку, тобто на рівень виробничого травматизму, має економічний показник – індекс виробленої продукції, при зростанні значення якого показник виробничого травматизму також має тенденцію до зростання. Для стабілізації системи охорона праці, дестабілізація якої сталась, зокрема у зв'язку із зростанням економічного показника щонайменше на 4,0 % (тобто зростання кількості виробленої продукції на незмінній технічній та технологічній базі), має бути підвищено значення того показника, який дозволить стабілізувати систему. Таким показником за результатами досліджень є середній розмір штрафних санкцій, накладених на роботодавця.

Висновки та напрям подальших досліджень. Проведеними дослідженнями встановлено, що: вирішення проблеми виробничого травматизму потребує системного підходу до вивчення системи управління охорони праці та її підсистем, зокрема системи охорона праці та побудову математичної моделі системи охорона праці;

визначення впливу на результативність її функціонування чинників зовнішнього та внутрішнього середовища;

оцінювання ризику настання нещасних випадків на виробництві з визначенням осіб чий дії або бездіяльність призводять до їх настання та виокремлення тих чинників, дія яких на систему охорона праці призводить до стабілізації системи;

трансформування отриманих результатів у ефективні заходи підвищення результативності СУОП дозволять запобігати аварійним ситуаціям і виробничому травматизму на підприємствах хімічного комплексу.

Список літератури

1. Про об'єкти підвищеної небезпеки. Закон України в редакції від 26.04.2014 р. № 762-IV.
2. **Korzeniowski F. Leszek.** Menedzment. Podstawy zarzadzania. Krakow, EAS, 2005. 425 str.
3. **Korzeniowski F. Leszek.** Securitologia. Nauka o bezpieczenstwie czlowieka i organizacji spolecznych : Monografia naukowa. Krakow, EAS, 2008. 311 str.
4. **Hofreiter Ladislav, Simko Juraj.** Zdrojea oblasti konfliktov sucasnehosveta. Liptovsky Mikulas, Akademia ozbrojenych sil generala Milana Rastislava Stefanika, 2007.– 95 str.
5. **Лисанов М. В.** Принципы оценки экономического ущерба от промышленных аварий. Экология промышленного производства. 1995. № 6. С. 49.
6. **Бегун В. В.** Впровадження інформаційних технологій у сферу безпеки. Науково-технічна інформація. 2016. № 1. С. 40–46.
7. **Бегун В. В., Науменко І. М.** Безпека життєдіяльності (забезпечення соціальної, техногенної та природної безпеки). Київ, 2004.
8. **Березуцкий В. В.** Теоретические основы безопасности жизнедеятельности : Монография. Харьков : ХГПУ. 1999. 170 с.
9. Про охорону праці : Закон України від 14 жовтня 1992 року N 2695-XII. Відомості Верховної Ради України. 2015, № 21, ст. 133. URL : <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/2695-12>.
10. **Таїрова Т. М., Коцюба Б. В.** Виробничий травматизм на підприємствах хімічного комплексу: аналіз та шляхи попередження. Інформаційний бюлетень з охорони праці. 2017. № 2. С. 31–39.
11. **Таїрова Т. М., Коцюба Б. В.** Ризик травмування працівників на підприємствах хімічного комплексу. Інформаційний бюлетень з охорони праці. № 2. С. 86–91.
12. Гогіташвілі Г. Г. Системи управління охороною праці. Г. Г. Гогіташвілі Л. : Афіша, 2002. - 320 с.
13. **Лесенко Г. Г.** До питання оцінки ефективності функціонування системи управління охороною праці на підприємстві. Проблеми охорони праці в Україні. Київ : ННДІПБОП, 2011, Вип. 20, С. 129–139.
14. **Жежуха В. Й.** Особливості формування керівної та керованої підсистем організації під час діагностики інноваційної складової технологічних процесів : URL : [file:///I:/%D0%A1%D0%A3%D0%9E%D0%9F/VNULPM_2013_769_40%20\(1\)](file:///I:/%D0%A1%D0%A3%D0%9E%D0%9F/VNULPM_2013_769_40%20(1)).

15. Лесенко Г. Г., Таїрова Т. М. Кількісна оцінка ризику аварії на об'єкті підвищеної небезпеки. Проблеми охорони праці в Україні : зб. наук. праць. Київ : ННДІПБОП, 2007. Вип. 13. С. 43–50.

16. Таїрова Т. М., Ткачук К.Н. Математичне моделювання системи охорони праці. Вісник Криворізького національного університету: зб.наук. праць. – Кривий Ріг: КНУ, 2018. Вип. 46. С. 25–31.

Рукопис подано до редакції 19.03.2018

УДК 622.272

С.В. ПИСЬМЕННИЙ, канд. техн.наук, доц.
Криворожский национальный университет

ИССЛЕДОВАНИЕ ФОРМЫ ОЧИСТНОГО БЛОКА В НЕУСТОЙЧИВЫХ РУДАХ КРИВОРОЖСКОГО ЖЕЛЕЗОРУДНОГО БАССЕЙНА

Цель. Целью данной работы является повышение железа в добытой рудной массе за счет изменения формы очистной камеры и ее объема путем исследования устойчивых ее параметров при отработке железных руд Криворожского железорудного бассейна в неустойчивых рудах. Это связано с тем, что железные руды Криворожского железорудного бассейна на глубинах более 1350 м. традиционными системами разработки в сложных горно-геологических условиях приводит к повышенным потерям и засорению добытой рудной массы из-за неустойчивого массива железных руд.

Методы исследования. С целью повышения показателей извлечения, предложена идея, основанная на формировании очистной камеры квазипараболической формы, которая позволяет сохранить устойчивость очистной камеры на весь период отработки. Устойчивость очистной камеры обеспечивается оптимальным соотношением ее высоты к ширине и радиусов вертикального и горизонтального обнажений согласно гипотезе Слесарева В.Д. Для определения достоверности результатов исследований использовался метод конечных элементов и утвержденной методики для определения конструктивных элементов системы разработки.

Научная новизна. Установлено, что максимальное давление зависит от угла приложенной нагрузки к контуру очистной камеры и физико-механических свойств горных пород окружающих ее, который влияет на радиусы вертикального и горизонтального обнажений. Впервые установлены, зависимости ширины очистной камеры и ее высоты от радиуса вертикального обнажения, при которых очистная камера является устойчивой на весь период отработки блока.

Практическая значимость. Разработана методика по определению параметров очистной камеры квазипараболической формы, которая позволяет определить устойчивые параметры очистной камеры. Также определена величина максимального разрушающего давления на контуре очистной камеры квазипараболической формы.

Результаты. Установлено, что увеличить объем добытой чистой руды из блока на 20% возможно за счет применения очистной камеры квазипараболической формы при отработке неустойчивых железных руд.

Ключевые слова: руда, очистная камера, обнажение, устойчивость, радиус, нагрузка, рудная масса, свод.

doi:

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами. В Криворожском железорудном бассейне сосредоточено значительное количество запасов природно-богатых и природно-бедных руд, которые в настоящее время разрабатываются открытым и подземным способами. Подземные горные работы в условиях отработки железных руд Криворожского бассейна приближаются к уровню предельной глубины подъема 1500-1700 м (первая ступень вскрытия), а открытые – к проектному контуру карьера. Для дальнейшего успешного функционирования горных предприятий с подземным способом разработки необходимо выполнить модернизацию и техническое переоснащение подъема, вентиляции, систем разработки и способов вскрытия.

С целью остаться на мировом рынке перед горнорудными предприятиями стоит вопрос о повышении содержания полезного компонента в добытой горной массе. В связи с этим, горнорудные предприятия увеличивают минимальное бортовое содержание железа в массиве с 46 до 52% при добыче подземным способом. Повышение минимального бортового содержания железа в массиве на 2-6% приведет к снижению балансовых запасов железных руд до 30-40% [1-3].

Анализ исследований и публикаций. За последние 20 лет почти в два раза снизились объемы добычи железной руды в Криворожском бассейне, на 10-15 млн т в год. Это связано с консервацией шахт в промышленном регионе, а также из-за ухудшения горно-геологических и горнотехнических условий. Все эти факторы способствуют к оставлению значительных запасов