

оборони України на основі адаптивних моделей фінансування ЗСУ запропонованих у статті.

Список використаних джерел

10. Постанова Кабінету Міністрів України від 07.07.2010р. №568 „ Про затвердження прогностичних показників видатків із загального фонду державного бюджету на потреби оборони на період до 2023 року” [Електронний ресурс]. — Спосіб доступу: <http://zakon.rada.gov.ua>.
11. Указ Президента України від 29.12.2012р. №771/2012 „ Про рішення Ради національної безпеки і оборони України від „29” „грудня” 2012 року „Про Стратегічний оборонний бюлетень України” [Електронний ресурс]. — Спосіб доступу: <http://zakon.rada.gov.ua>.
12. Указ Президента України від 29.12.2012р. №772/2012 „ Про рішення Ради національної безпеки і оборони України від „29” „грудня” 2012 року „Про Концепцію реформування і розвитку Збройних Сил України на період до 2017 року” [Електронний ресурс]. — Спосіб доступу: <http://zakon.rada.gov.ua>.
13. Вітлінський В.В. Моделювання економіки: Навч. посібник. — К.: КНЕУ, 2003. — 408 с.
14. Лукашин Ю.П. Адаптивные методы краткосрочного прогнозирования временных рядов: Учеб. пособие. — М.: Финансы и статистика, 2003. — 416 с.
15. Brown R.G. Smoothing forecasting and prediction of discrete time series. - N.Y., 1963. — 468 с.

УДК 622.8:331.01

О.Ю. Чуріканова

Застосування економіко-математичного моделювання з метою визначення ризику виникнення аварійних ситуацій на вугільній шахті.

Проаналізовано економіко-математичні методи та підходи до визначення ймовірності виникнення аварійних ситуацій та їх економічних

наслідків на вугільних шахтах. Виділено групу показників по яким визначається ймовірність настання тих чи інших несприятливих подій на вуглевидобувному підприємстві. Розкрито основні типи аварій на вугільній шахти та підходи до їх прогнозування.

Ключові слова. ймовірність виникнення аварій на вугільній шахті, моделювання ризику настання несприятливих подій, типи аварій, фактори аварійності.

Проанализированы экономико-математические методы и подходы к определению вероятности возникновения аварийных ситуаций и их экономических последствий на угольных шахтах. Выделена группа показателей по которым определяется вероятность наступления тех или иных неблагоприятных событий на угледобывающем предприятии. Раскрыты основные типы аварий на угольной шахты и подходы к их прогнозированию.

Ключевые слова. вероятность возникновения аварий на угольной шахте, моделирование риска наступления неблагоприятных событий, типы аварий, факторы аварийности

The economical-mathematical methods and approaches to determine the probability of emergency situations and economic consequences of mines is analyzed. The group of indicators of probability of occurrence certain adverse events in coal mines are determined. The basic types of accidents in coal mines and their approaches to forecasting are disclosed.

Keywords. *Probability of accidents in coal mines, modeling the risk of adverse events, types of accidents, accident factors.*

Актуальність. Вуглевидобувна промисловість є такою, де рівень аварій та людського травматизму сягає перше місце серед будь яких інших виробництв нашої країни. Та навіть за кордоном, по рівню аварійності, видобуток вугілля теж посідає перші місця, але за важкістю та масштабністю аварій Україна займає одне із перших місць в Світі. За своєю більшістю така ситуація обумовлена складними геологічними умовами, притаманними саме для українських місць розробки. Але мінімізація ризиків виникнення аварійних ситуацій цілком можлива, якщо організувати технологічну частину виробництва на належному рівні. Це означає застосування сучасного обладнання, яке цілковито відповідатиме умовам видобутку кожної окремої шахти, запровадження сучасних методів контролю та запобігання аварійним ситуаціям, виведення на належний рівень заходів безпеки. Та навіть така складова, як людський фактор, має суттєвий вплив на виникнення ризиків аварій та травматизму. Вплив усіх зазначених вище факторів на рівень аварій та травматизму на вугільних шахтах широко досліджено протягом останніх десятиліть в наукових роботах вітчизняних та закордонних вчених, і чинники аварій розуміє кожен, від простого шахтаря до директора шахти, але існує дуже велика проблема яка і досі не дозволила досягти належного рівня безпеки на виробництві. Ця проблема – брак коштів. Саме через брак коштів на більшості шахт використовується обладнання яке вже давно морально застаріло, зношено та не відповідає умовам видобутку. На більшості шахт відсутні, у повному

обсязі, індивідуальні заходи безпеки. Дуже часто шахтарі та керуючий персонал не мають належного рівня освіти. Але, навіть в цих умовах, докладається максимум зусиль для мінімізації аварій та травматизму, і, як одним із заходів можна вважати прогнозування та моделювання ризиків виникнення аварійних станів. Звісно, це не є єдиним заходом у зменшенні аварійності, але, якщо знати ймовірність виникнення тої чи іншої несприятливої події можливо найбільш ефективно використати, в умовах обмеженості фінансових ресурсів, кошти на її попередження. Тому, питання найбільш точного визначення ризику аварій для кожної конкретної шахти було і залишається актуальним.

Аналіз останніх джерел та публікацій. Вивченню цього питання присвячено багато робіт українських та закордонних вчених, серед яких можна виділити роботи Брюханова А.М., Вентциля Є.С., Кучеби П.К., Вагонової А.Г., Рогинського В.М., Нільви І.І., Цейтіна І.Є., Шашенко Є.А., Аношиної І.М., Галкіна А.В., Гусева А.І. та багатьох інших. Але їх дослідження не вичерпують усього комплексу питань, пов'язаних із даною проблемою.

Невирішені проблеми. Дослідження вище зазначених авторів присвячені визначенню ймовірності настання аварійних ситуацій на вугільній шахті та ймовірностей обсягу спричинених економічних наслідків. Для отримання показників по ймовірності настання тої чи іншої події, у своїй більшості, використовується теорія ймовірностей та показники статистики по аварійності за минулі роки, як базові. Для вирішення поставленого питання, дослідниками використовується не більше одного-двох додаткових коефіцієнтів. Така обмеженість обумовлена застосуванням математичного апарату, який не в змозі обробляти залежності між більшою кількістю

показників які, ще й до того, не мають достатньо визначеного зв'язку. Тому, питання об'єднання усіх показників, що мають вплив на виникнення ризикованих ситуацій на шахті, пов'язаних з аваріями, до загальної економіко-математичної моделі, залишається й досі не вирішеним.

Мета статті. Таким чином, першочерговою метою статті є визначення усієї групи показників та коефіцієнтів, що впливають на показники аварійності на вугледобувному підприємстві.

Постановка завдання. Для вирішення поставлених завдань необхідно провести аналіз робіт в напрямку моделювання та прогнозування ймовірностей виникнення аварійних ситуацій на вугільній шахті. Дослідити усю сукупність показників, факторів та коефіцієнтів по яким встановлено вплив на ризик виникнення аварій на вугледобувному підприємстві. Визначити додаткові фактори, які можуть мати вплив на рівень аварійності. Проаналізувати використані різними дослідниками економіко-математичні апарати для вирішення поставлених завдань з метою їх можливого удосконалення. Висунути гіпотезу о можливому застосування нового, найбільш досконалого економіко-математичного апарату.

Викладка основного матеріалу. У своїй роботі [1] Брюханов А.М. вказує на те, що якщо розглядати появу аварій як небезпечну подію, наприклад виникнення вибухів метану, на протязі великого відрізка часу, то можливо упевнитися в тому, що й небезпечні стани і найбільш небезпечні події відбуваються один за одним у раптові моменти часу, тому їх можна розглядати як потоки небезпечних подій і станів. Аварії, а також шкідливі стани в потоках з'являються у послідовні моменти часу незалежно один від одного. Таким чином, для будь яких

проміжків часу, що не перетинаються, кількість подій і станів, що потрапляють на один із проміжків часу, не залежить від кількості подій, що потрапили на інший. Виходячи з цього Брюханов А.М. вважає потоки небезпечних подій і небезпечних станів потоками без наслідків.

Аналіз аварійності показує також, що аварії, як правило, не є груповими випадками, а ймовірність одночасного попадання на елементарну ділянку часу двох або більше випадків дуже мала у порівнянні з ймовірністю попадання одного випадку. Аварії, а також кожне з описаних станів, що призводять до виникнення аварій, у потоці подій відбуваються поодиночі, а не парами, трійками та. ін. Тому, потоки шкідливих подій і шкідливих станів є ординарними.

Якщо потік має властивості усіх трьох станів (стаціонарний, без наслідків, ординарний), то він називається простішим або стаціонарним пуасонівським потоком [2].

Для стаціонарного пуасонівського потоку інтенсивність λ - середнє число подій за одиницю часу є постійним, т.ч. $\lambda = const$.

Отже, ймовірність попадання m подій на проміжок часу виражається формулою:

$$P_m = \frac{a}{m!} e^{-a} \cdot (m=0,1,2,\dots),$$

де a – середня кількість подій, що приходяться на проміжок часу τ , т.ч. $a = \lambda \tau$,
при $m=0$:

$$P_0 = e^{-\lambda \tau}.$$

Ймовірність того, що на ділянку t , що примикає до точки t_0 , потрапить хоча б одна подія з потоку, можна представити виразом:

$$F(t) = 1 - P_0 .$$

Таким чином, Брюханов А.М. пропонує для знаходження математичних характеристик аварій виходити з випадків виникнення аварій в часі у вигляді стаціонарного пуассонівського потоку, усі параметри якого можна визначити по величині інтенсивності потоку аварій. Інтенсивність потоку аварій можна визначити по статистичним даним о кількості аварій, що відбулися протягом ряду років, використовуючи вираз:

$$\lambda = \frac{M}{N}, 1 / \text{рік},$$

$$\text{або } \lambda = \frac{M}{365N}, 1 / \text{день},$$

$$\text{або } \lambda = \frac{M}{365 \cdot 24 \cdot N} = \frac{M}{8760N}, 1 / \text{годин},$$

де M – число аварій;

N – число років статистичного накопичення даних;

8760 – розрахункова кількість часів в одному році.

Важливе значення для практики має визначення часу очікуваної чергової аварії, наприклад, вибуху метано-повітряної суміші, а також кількості аварій які можуть трапитися за певний проміжок часу.

Ймовірний час аварії у вуглевидобувній промисловості можливо визначити з урахуванням математичного очікування:

$$m_t = \frac{8760N}{M}, \text{ годин або}$$

$$m_t = \frac{365N}{M}, \text{ днів},$$

$$D_t = \frac{8760N^2}{M^2} = \frac{76 \cdot 10^6 \cdot N^2}{M^2}, \text{ або}$$

$$D_t = \frac{365^2 N^2}{M^2} = 133,2 \cdot 10^3 \frac{N^2}{M^2}$$

Отже, вищезазначений автор пропанує методику розрахунку визначення ймовірності аварії на шахті яка базується на статистичних даних по аваріях за певний проміжок часу. Така теорія з точки зору статистичних методів аналізу, а також з точки зору теорії ймовірності може бути цілком доречною для прогнозування аварій на шахті, але тільки у загальному вигляді. На частоту й характер виникнення аварій впливає достатньо велика кількість факторів які можуть змінювати свої характеристики щорічно, а це означає що вони можуть вносити істотні зміни до статистики аварій. І тому зазначена вище модель не матиме достатньо високої інформативної цінності.

Умови роботи на конкретній ділянці визначаються сукупністю значної кількості небезпечних і шкідливих факторів, які неможливо об'єднати і протипоставити одне до одного за допомогою фізичних показників. В цій ситуації, єдиним рішенням може бути їх об'єднання через економічні показники. Враховуючи те, що виникнення аварій і нещасних випадків, обумовлених впливом небезпечних виробничих факторів носить ймовірнісний характер, економічна оцінка цих явищ має бути єдиною і враховувати очікувані економічні збитки при виникненні нещасних випадків і аварій $M(U_i)$ і ймовірнісну природу виникнення цих явищ [3,4]

Таким чином, у своїй роботі [5], Вагонова А.Г. представила економічну оцінку аварії і-го виду на об'єкті як:

$$\Pi_i = p_i M(U_i),$$

де p_i – ймовірність виникнення аварії і-го виду на об'єкті.

В якості об'єкта в даному випадку може виступати забій, ділянка, установка, поверхневий комплекс, шахта в цілому. Вибір об'єкта залежить від цілей та задач оцінки, а також наявності достовірної інформації про очікувану величину збитків від аварій і ймовірності їх виникнення.

Для групи об'єктів одного типу економічна оцінка аварії i -го виду розраховується як:

$$\Pi_n = [1 - (1 - p_i)^k] M(U_i),$$

де k – кількість об'єктів одного типу.

Очікувані економічні збитки $M(U_i)$ складаються з прямих збитків, витрат на ремонт і відновлення об'єктів, матеріальних збитків та травматизму за весь період виплат у відповідності з діючим законодавством та ін.

Нормативна економічна оцінка небезпеки однотипних об'єктів або процесів шахти, на яких зайняті працівники складатиме:

$$\Pi_n = [1 - (1 - p_n)^k] M(U_i),$$

де p_n – нормативна ймовірність виникнення аварій на об'єкті. Звичайно фактичне значення економічної оцінки відрізняється від нормативного тому, що для даного виробництва частота виникнення пожеж, вибухів, викидів як правило більше за p_n , а значення $M(U)$ для даного виробництва і даного виду аварій залишиться незмінним.

Наприклад, розглядаючи питання виникнення екзогенних пожеж, їх виникнення хоча і носить випадковий характер, однак значення ймовірності виникнення пожеж і характер їх розвитку не однакові для різноманітних умов видобутку вугілля. Це обумовлено відмінністю горно-геологічних, технологічних і організаційних умов роботи шахт, в оснащеності засобами протипожежної безпеки. І навіть протягом функціонування кожної окремої шахти, у залежності від її фінансового стану, перш за все, ці умови можуть постійно змінюватися.

Небезпека пожеж об'єктів обумовлена наявністю горючих матеріалів природного (вугілля, метан) і виробничого характеру (дерево кріплення, конвеєрна стрічка, паливно-мастильні матеріали і т.ін.). Висока концентрація енергетичних потужностей чинить передумови для виникнення теплового імпульсу – джерела екзогенних пожеж.

Шахти відрізняються кількістю і складом об'єктів, також і самі об'єкти нерівноцінні як за виробничою потужністю, так і по вартості основних фондів, тому дві шахти з однаковим складом об'єктів і захищені у відповідності із правилами безпеки можуть мати різноманітні значення пожежної безпеки, хоча би через те, що енергетична потужність і вартість об'єктів різна. Ймовірність виникнення пожеж характеризується наявністю можливих теплових імпульсів. Ймовірність розвитку залежить від наявності в виробках горючих матеріалів і важкості погашення пожежі.

Очікувані збитки від екзогенного пожежу є характеристикою, яка враховує як ймовірність пожежі для різноманітних категорій, так і відповідні за цими категоріями матеріальні збитки.

У цьому зв'язку, в роботі А.Г. Вагонової [5] зазначено, що очікувані збитки від екзогенної пожежі є характеристикою яка враховує як ймовірність розвитку пожежі для різних категорій, так і відповідні цим категоріям матеріальні збитки. Економічна оцінка екзогенної небезпеки пожежі на шахті визначається як добуток ймовірності виникнення екзогенної пожежі на математичне очікування збитків від екзогенної пожежі $M(U)$, за умови, що його виникнення – випадкова подія.

Повна модель визначення економічної оцінки екзогенної небезпеки пожежі має наступний вигляд:

$$\Pi_{екз} = \sum_{j=1}^m \left[1 - (1 - p_j)^{k_j} \right] M_j(U),$$

де j – індекс об'єкта; m – кількість різноманітних видів об'єктів на шахті; p_j – ймовірність пожежі на одному j -ому об'єкті; k_j – кількість об'єктів j -го виду, що розглядаються.

Використовуючи викладений методологічний підхід може бути зроблена економічна оцінка усіх основних видів аварій. Наприкінці розраховується загальна по підприємству економічна оцінка аварійності:

$$\Pi_{ав} = \sum_{i=1}^n \Pi_i,$$

де Π_i – економічна оцінка аварії i -го виду; n – кількість основних видів аварій.

Усі зазначені вище розрахунки відносяться в основному до аварій на вуглевидобувному підприємстві які пов'язані із чинниками природного походження. Однак, на шахті також дуже часто відбуваються й аварії спричинені виходом з ладу обладнання. Нажаль, на більшості Українських шахт використовується дуже старе обладнання, яке не тільки має високий коефіцієнт фізичного зносу, але й застаріло морально. Аварії, які виникли у результаті виходу з ладу обладнання звичайно не носять характер катастроф, але можуть призвести до людського травматизму, зупинки роботи ділянок шахти, а може навіть і усієї шахти. Витрати шахти пов'язані із простоями через поламку обладнання іноді сягають значних розмірів, а тому, питання передбачення таких ситуацій завжди було і буде актуальним на вуглевидобувному виробництві.

Вагоме місце серед чинників, що стали причиною виникнення аварійних ситуацій на шахті займають й

питання організаційного характеру. До них зазвичай відносяться: незадовільні умови організації охорони труда, відсутність чітких планів організації попередження та виникнення аварійних ситуацій, не дотримання технологічних схем видобутку вугілля та ін.

Таке поняття, як надійність роботи обладнання на шахті та фактори організації праці, прийнято пов'язувати із поняттям надійності організаційно-технологічного рівня.

Вивченню цього питання присвячена значна кількість робіт, але одним з перших застосував системний підхід до аналізу надійності гірничопрохідницьких робіт В.М. Рогінський [6]. Надійність гірничопрохідницького технологічного процесу він визначає безвідмовністю і ремонтпридатністю обладнання що застосовується, а також надійністю нормування технологічних режимів. Для характеристики надійності окремого процесу автор використовує, за аналогією з оцінкою імовірності функціонування встановлених механізмів, коефіцієнт готовності:

$$K_z = T_0 / (T_0 + T_{np}),$$

де T_0 , T_{np} – час напрацювання на відмову і простій через відмову відповідно, хвилин.

Для комплексної надійності усієї системи рекомендується вираз:

$$K_z = \prod_{i=1}^n k_{z,i},$$

де $K_{z,i}$ – коефіцієнт готовності i -го елемента системи, n – число незалежних елементів системи.

Однак, зазначений вище вираз справедливий лише для систем з послідовним сполученням елементів, в той час як на практиці більш розповсюджені паралельні з суміщенням схеми ведення робіт у прохідницькому забої.

Така схема відображена в роботі И.И. Нільви і И.Е. Цейтіна [7]. В ній автори розглядають гірничопрохідницькі роботи як підсистему, що знаходиться у взаємозв'язку зі суміжними технологічними ланками більш складної підсистеми «Шахта». Основну увагу автори приділяють вдосконаленню технологічних схем проведення підготовчих виробок шляхом математичного моделювання трудомісткості робіт. В якості одного з критерію оптимізації авторами введений коефіцієнт надійності. Під надійністю технологічної схеми розуміють її здатність протягом певного періоду часу безперебійно виконувати притаманні їй функції, зберігаючи в заданих межах свої показники. Надійність технології з паралельним виконанням робіт залежить лише від числа механізованих операцій, кількості і надійності засобів механізації. При послідовному порядку виконання робіт, на надійність додатково впливає й тривалість несуміщених в часі немеханізованих операцій. Нижче представлені запропоновані авторами формули розрахунку надійності технологічних процесів при паралельному і послідовному виконанні робіт відповідно:

$$K_z = 1 + \sum_{i=1}^{\sigma} \frac{1 - k_{z,i}}{k_{z,i}},$$

$$K_z = \sum_{\sigma} t_{p,i} / \sum_{i=1}^{\sigma} \frac{t_{p,i}}{k_{z,i}},$$

де $t_{p,i}$ – тривалість виконання i -го немеханізованого процесу.

Однак, як справедливо зазначено в роботі [8], у зазначених вище розрахунках не враховані окремі всередині забійні фактори (тривалість непродуктивних робіт і простої через порушення трудової дисципліни), та повністю відсутні взнезібійні фактори. Також, спірним є

факт прийняття надійності ручних процесів рівних одиниці, тому, що процеси, які виконуються руками не є безвідмовними. Крім цього, при послідовній організації робіт, прийняте в теорії ймовірності перемноження ймовірностей замінюється підсумуванням без обґрунтування.

Отже, якщо підвести проміжний підсумок дослідження економіко-математичних методів визначення ризику аварійності на вугільних шахтах, то усі вони підрозділяються на ризики пов'язані із природними факторами, які мають на увазі вплив геологічних показників шахти, та ризиками техногенного характеру, які обумовлені факторами гірничого виробництва.

Ризики дозволяють кількісно оцінювати ступінь небезпечності виробничих процесів, характеристики яких є випадковими величинами, а отже мають визначатись на основі статистичних методів. Однак, техногенний ризик неможливо ототожнювати з частотою травматизму або аварійності. Тому, при оцінці ризику недостатньо базуватися тільки на статистиці нещасних випадків і аварій. Для достовірної оцінки необхідно створення надійних баз даних по надійності обладнання і аварійності окремих технологічних процесів, а також знання закономірностей розвитку шкідливих ситуацій, які дозволяють моделювати можливі сценарії розвитку системи.

В своєму дослідженні Аношина І.М. наголошує на те, що при оцінці техногенного ризику необхідно враховувати причинно-слідчі зв'язки. Тому найбільш доречним уявляється використання для поставлених цілей методу експертних оцінок [9]. Враховуючи, що при обробці експертних статистичних даних можуть з'являтися зміщення оцінок, доречно узагальнення знань експертів

проводити за допомогою процедур побудови матриць високо узгоджених зв'язків думок експертів, що базуються на оцінках відносного пріоритету, парних порівнянь та рангової кореляції.

Розроблений Аношиной І.М. алгоритм, у загальному вигляді нараховує такі етапи:

1. створення робочої групи експертів;
2. оцінка пріоритетів членів експертної групи;
3. збір статистичних даних у відповідності з анкетною;
4. обробка інформації по методу Саати;
5. отримання значень неповних ймовірностей для неповних подій;
6. обчислення кореневих ймовірностей;
7. математичне визначення значень техногенного ризику;
8. отримання оцінок ризику для типових надзвичайних ситуацій на вугільних шахтах.

Найбільша увага в роботі приділяється математичному апарату розрахунку ризиків який являє собою обробку рангів значимості факторів аварій.

Математичний техногенний ризик виражають як ймовірність P несприятливої події (аварії, катастрофи):

$$R=P,$$

або, якщо може мати місце декілька (i) несприятливих подій з різними ймовірностями P_i .

$$R = \sum_i P_i.$$

Дійсно, найчастіше аварії трапляються з приводу виходу з ладу того чи іншого обладнання, виникнення надзвичайних природних явищ та ін., але якщо зазирнути в корінь, то за цим усім стоїть людський фактор. Навіть незначні з точки зору техніки безпеки порушення можуть стати причиною аварії та людського травматизму. Нажаль,

на 100% техніка безпеки виконується на жодній з українських шахт.

Умови праці на шахтах суттєво впливають на надійність персоналу у забезпеченні безпеки виробництва, при цьому природні фактори є причиною 10-20% порушень вимог безпеки, техніко-технологічні – 10-25% та організаційні 55-80% порушень.

В роботі [10] досліджено вплив особистісних характеристик робітників на їх надійність в забезпеченні безпеки виробництва, у результаті чого встановлено, що низька кваліфікація обумовлює 15-30%, незадовільний психічний стан 5-25%, низька мотивація 50-80% порушень персоналом вимог безпеки виробництва.

Також в роботі [10] запропоновано метод розрахунку надійності персоналу в забезпеченні безпеки виробництва, яка розраховується як ймовірність виконання групою робітників норм, правил, інструкцій по охороні праці і промислової безпеки та визначається за формулою:

$$P(A) = \prod_{i=1}^n P(A_i),$$

де A – виконання норм безпеки групою; A_i – виконання норм безпеки i -м робітником, $i=1 \dots n$, n – кількість людей в групі.

Наприклад, для бригади з 3-х людей, де ймовірність виконання робітниками норм безпеки $P(A_1)=0,9$, $P(A_2)=0,8$; $P(A_3)=0,75$, ймовірність того, що при сумісній праці вони не порушать норми безпеки складатиме:

$$P(A)=0,9*0,8*0,75=0,54.$$

Однак, слід зазначити той факт, що в групі працівників неадекватні дії одного робітника можуть бути компенсовані діями іншого, а можуть мати і синергетичний ефект – це залежить від якості взаємодії і особистісних здібностей робітника.

Останні роки, вуглевидобувні підприємства, маючи своєю метою збереження та розширення ринкової ніші, яку вони займають, збільшують обсяги випуску продукції, а це, в свою чергу, істотно впливає на зменшення рівня безпеки та підвищення рівня травматизму за рахунок росту кількості аварій, одним із чинників яких, стає також і збільшення темпів виробництва.

В роботі [11] автор також наголошує на недосконалоості організаційного фактору, але вже більш високого рівня – системи управління вуглевидобувними підприємствами та системи управління промисловою безпекою. Відзначено, що погодженість у роботі цих систем на рівні інтеграції цілей та зв'язків дозволить суттєво знизити рівень травматизму. Автором запропоновано декілька формул для розрахунку рівня безпеки з метою його координації та контролю. Так, рівень безпеки характеризується коефіцієнтом частоти загального травматизму, який являє собою кількість нещасних випадків, які приходяться на 1000 робітників за рік:

$$K_{\text{ч}_i} = \frac{T}{P} \cdot 1000,$$

де i – рік, по якому розраховується коефіцієнт частоти; T – кількість нещасних випадків за i -й рік; P – кількість робітників підприємства за i -й рік.

Введемо коефіцієнт безпеки ($K\delta$), як різницю коефіцієнтів частоти за різні роки i та $(i+1)$:

$$K\delta = K_{\text{ч}_i} - K_{\text{ч}_{i+1}}.$$

Висновки. Отже, за результатами проведеного дослідження можна дійти таких висновків:

1. Проблема передбачення ризику виникнення аварій на вугільних шахтах і на сьогодні залишається дуже гострою. В умовах обмежених фінансових ресурсів на вуглевидобувному підприємстві дуже важливо найбільшу

увагу, з точки зору виділення коштів, приділяти найбільш нестабільним ланкам, на яких виникнення аварійних ситуацій має велику ступінь ймовірності. Економіко-математичне моделювання ризиків аварійності на вугільних шахтах покликане мінімізувати кількість та важкість аварій на кожній окремій шахті за рахунок їх прогнозування та застосування необхідних заходів безпеки.

2. Основні напрямки економіко-математичного моделювання на вугільній шахті з метою визначення ризику виникнення аварійних ситуацій направлені на:

- визначення інтенсивності потоку аварій;
- визначення імовірного часу аварії у вуглевидобувній промисловості;
- визначення економічної оцінки аварії і-го виду для групи об'єктів одного типу;
- визначення нормативної економічної оцінки небезпеки однотипних об'єктів або процесів шахти, на яких зайняті працівники;
- визначення економічної оцінки екзогенної небезпеки пожежі, або будь яких інших подій;
- загальна по підприємству економічна оцінка аварійності;
- визначення комплексної надійності усїєї системи шахти;
- визначення надійності технологічних процесів при паралельному і послідовному виконанні робіт;
- визначення математичного техногенного ризику;
- визначення надійності персоналу в забезпеченні безпеки виробництва;
- коефіцієнтом частоти загального травматизму;

– визначення загального коефіцієнту безпеки.

3. Основні економіко-математичні методи, розглянуті в цьому дослідженні та направлені на вирішення зазначених вище питань, можуть бути віднесені до такого розділу математики як теорія ймовірностей.

4. До основних переваг, запропонованих дослідниками та представленими в цій роботі можна віднести простоту їх застосування за рахунок, того що для визначення ймовірності виникнення тої чи іншої події потрібно мінімальна кількість показників та визначення ймовірності виникнення події може бути використано для будь якої ланки шахти. Також, враховуючи той факт, що ймовірність настання аварійної ситуації визначається за статистикою кожної окремої шахти – можна вважати ці методи універсальними для будь-якого вуглевидобувного виробництва.

5. Як видно зі списку використаних літературних джерел – розрахунок ризиків настання тої чи іншої аварійної ситуації, із застосуванням теорій ймовірностей, використовується вже не одне десятиліття. Однак не можна констатувати той факт, що в ньому немає недоліків. Його перевага – невелика кількість показників для розрахунку, одночасно є й недоліком, бо розрахунок ведеться із застосуванням статистичних даних, але для шахти статистика нині не є стабільною, а через це прогнози можуть бути не досить достовірними. По перше, це пов'язано із фінансовими можливостями шахти і як слідство – обсягом коштів, що виділяються на заходи безпеки, своєчасне оновлення шахтного фонду. По друге, постійна зміна геологічних умов, таких як глибина залягання, товщина та кут падіння розроблюваних пластів, протяжність гірничих виробок постійно вносять свої корективи у рівень безпечності шахти з боку природних

факторів, таких як ризики пожеж, обвалів, вибухів, тощо. По третє – фактори організаційного характеру, такі як рівень кваліфікації персоналу та рівень організації виробництва, наприклад.

Отже, на ризик виникнення на шахті аварійної ситуації впливає велика кількість факторів, які постійно змінюються, а тому визначення ймовірності виникнення аварії лише за статистикою шахти по аналогічним подіям уявляється не достатньо достовірним методом. Але ще декілька років потому, об'єднати усі зазначені показники в єдину модель не уявлялось можливим. Зараз же існують достатньо потужні математичні апарати які можуть легко справитися з поставленими завданнями – розрахунком ризику виникнення аварійної ситуації на той чи іншій шахті з урахуванням її фінансового стану на момент розрахунку, геологічних факторів, стану обладнання та рівня організації виробництва. Таким вимогам на теперішній час відповідає евристичний алгоритм пошуку, що використовується для вирішення завдань оптимізації та моделювання шляхом випадкового підбору, комбінування та варіації шуканих параметрів з використанням механізмів, що нагадують біологічну еволюцію – генетичний алгоритм.

Список використаних джерел

1. Брюханов А.М. Научно-технические основы расследования и предотвращения аварий. Монография/ Брюханов А.М. – Донецк: Норд-Пресс, 2004. – 346 с. с илл.
2. Вентцель Е.С. Исследование операций/ Е.С. Вентцель. – М.: Советское радио, 1972.–552с.
3. Кучеба П.К. Организационно-экономический механизм управления охраной труда на шахтах/ П.К. Кучеба. – Донецк: ИЭП НАН Украины, 1997. – 228с.
4. Амоша А.И. Экономические методы улучшения условий и охраны труда/ А.И. Амоша. – Донецк: ИЭП НАН Украины, 1996. – 392с.

Збірник наукових праць

5. Вагонова А.Г. К вопросу прогнозирования экономических последствий аварийности и травматизма на угольных шахтах / А.Г. Вагонова // Збірник наукових праць НГУ. – Дніпропетровськ: РВК НГУ, 2007. – №27.–С.216-223.
6. Рогинский В.М. Повышение эффективности управленческого труда в шахтостроительных организациях/ В.М. Рогинский. – М.: Недра, 1980. –2008с.
7. Нильва Э.Э. Горно-подготовительные работы на угольных шахтах/Э.Э. Нильва, И.Э. Цейтин. –М.: Недра, 1981. –216с.
8. Вагонова А.Г. К вопросу об оценке организационно-технологического уровня горнопроходческих работ/ А.Г. Вагонова, Е.А. Шашенко// Форум гірників: матеріали міжнародної конференції. – Д.: Національний гірничий університет, 2007.–С. 263-268.
9. Аношина И.М. Расчет техногенного риска аварий на угольных шахтах/ И.М. Аношина. //Горный информационно-аналитический бюллетень. М.: Изд-во МГГУ, 2005. – С. 129-138
10. Галкин А.В. К вопросам повышения надежности персонала горного предприятия в обеспечении безопасности производства/А.В. Галкин //Горный информационно-аналитический бюллетень. М.: Изд-во МГГУ, 2007. –№12. –С. 47-50
11. Гусев А.И. Снижение травматизма и аварийности на горнодобывающих предприятиях на основе интеграции системы управления промышленной безопасностью/ А.И. Гусев//Горный информационно-аналитический бюллетень. М.: Изд-во МГГУ, 2007. –№12. –С. 51-54

УДК 330.341. 1 А.А Щербань, М.В. Макарова

**Метод аналізу ієрархій у плануванні та прийнятті
управлінських рішень при запровадженні інновацій у
нафтосервісних підприємствах**

У статті проаналізовано сутність методу аналізу ієрархій, розглянуто процес застосування даного методу при плануванні інноваційної політики та