

УДК 333:621

**М.А. КАСЬЯНОВ, І.В. САВЧЕНКО, О.М. ГУНЧЕНКО, В.О. МЕДЯНИК,  
В.І. КОРИННИЙ, О.Г. КРОХМАЛЬОВА**

**ВИЗНАЧЕННЯ ЙМОВІРНОСТІ ВИНИКНЕННЯ ПОХИБКИ ПРИ  
ВИКОРИСТАННІ ЕОМ ДЛЯ АНАЛІЗУ І РОЗРАХУНКІВ  
ВИРОБНИЧОГО РИЗИКУ У СИСТЕМІ  
«ЛЮДИНА – МАШИНА – СЕРЕДОВИЩЕ»**

***Анотація.** Розглянуто питання удосконалення методологічних аспектів оцінки впливу вірогідності помилки операторів служб охорони праці та екології, при аналізі і обробці статистичних даних, на показники виробничого ризику для визначення управлінських рішень у системі «людина – машина – середовище».*

***Ключові слова:** шкідливі та небезпечні виробничі чинники, людина-оператор, комп'ютерна обробка даних, техногенна подія, ймовірність безпомилкового виконання операції, наслідки.*

**Аналіз стану питання**

Загальновідомо, що основна причина загострення протиріччя між потребами людини і можливостями навколишнього природного середовища для їх задоволення, яке призвело до зростання проблем створення безпечних умов праці і існування людини, полягає у застарілому її відношенні до біосфери як до невичерпної скарбниці ресурсів і невідповідності нових засобів виробництва традиційним способам їх використання [1, 2]. Причому так званий «людський чинник» (особливо помилки персоналу) займає перше місце серед факторів, що викликають техногенні аварії [3, 4]. Його передумови для виникнення небезпечної, критичної та аварійної ситуації можуть починатися не тільки безпосередньо на виробничій дільниці, а ще на стадії проектування технологічного процесу чи розробки управлінських рішень для його здійснення на основі використання статистичних даних щодо умов виникнення таких ситуацій.

В Україні, згідно із законами «Про Національну програму інформатизації» і «Про Концепцію Національної програми інформатизації», здійснюються певні заходи щодо комплексної автоматизації, електронізації, комп'ютеризації у виробничій і невиробничій сферах [5, 6]. Пріоритетними напрямками є інформаційна підтримка заходів виходу України з економічної кризи, формування ринкових відносин, створення сучасної інформаційної інфраструктури, інформатизація соціальної сфери, фінансової та грошової системи, діяльності Національного банку України, органів доходів і зборів, стратегічних напрямів розвитку державності, техногенної і екологічної безпеки та оборони, пріоритетних галузей економіки.

Але розвиток інформатизації країни призвів до виникнення ряду спеціальних теоретичних та прикладних проблем охорони праці, пов'язаних з функціонуванням комбінованої системи «людина - машина - середовище», оскільки швидко і достовірно сприйняття і обробка людиною-оператором в умовах монотонності збільшеного потоку вхідної та вихідної інформації з постійною зміною її структури і форми призводить до зростання значення «людського

чинника». Це пов'язано з різким подорожчанням ціни можливої помилки, яка здатна суттєво вплинути на витрати з розробки і впровадження заходів у системі управління як охороною праці (СУОП), так і промисловою екологією.

Зокрема, результати досліджень [2, 7] вказують на те, що головний вплив на показники виробничого ризику у небезпечних, критичних та аварійних ситуаціях здійснюють усі види енергії техногенного походження, а закономірності появи пригод характеризуються тим, що:

- аварійність і травматизм інтерпретуються потоками випадкових подій з експоненціальним розподілом часу між їхньою появою;

- кожна конкретна подія виникає внаслідок ланцюга відповідних передумов, а не окремої причини;

- ініціаторами і ланками такого ланцюга подій є помилки працівників, відмови техніки і (або) не розрахункові чи несподівані для людей або такі, що перевищують нормативні значення для техніки, впливи на них ззовні.

Причому, найбільш поширеним ланцюгом причин техногенних подій є така послідовність подій і передумов:

- помилка людини-оператора, відмова техніки і (або) несприятливий для них зовнішній вплив;

- поява небезпечного чинника у вигляді енергії або речовини у несподіваному (неприпустимому) місці і (або) невчасно;

- відсутність або несправність передбачених на ці випадки засобів захисту і (або) неточні (неправильні) дії працівників в таких ситуаціях;

- розповсюдження і вплив небезпечних чинників на елементи техніки, людей і (або) навколишнє середовище;

- нанесення збитку людським, матеріальним і природним ресурсам внаслідок погіршення їх властивостей і (або) цілісності.

Але, при комп'ютерній обробці даних щодо зазначених вище характеристик і ознак техногенних подій, що є вирішальними при розробці управлінських рішень, які, у першу чергу, пов'язані із сумою коштів на необхідні заходи з охорони праці та їх першочерговістю, суттєвий вплив на їх коректність здійснюють також можливі вимушені і невимушені помилки працівників служби охорони праці підприємства. Наприклад, в [7...10] наведено результати удосконалення існуючих і розробки нових методів і заходів підвищення ефективності управління охороною праці на підприємствах шляхом програмного і інформаційного забезпечення з метою ідентифікації, оцінки та прогнозу виробничого ризику, визначення загрозливих небезпек, показників шкідливих та небезпечних виробничих чинників (ШНВЧ), які суттєво впливають на рівень травматизму і професійних захворювань.

Кожне із зазначених і інших досліджень, які виконувалися у різних напрямках вдосконалення системи управління охороною праці, крім наявності оброблених масивів статистичних даних, об'єднує і необхідність врахування ймовірної помилки людини-оператора, що підвищує коректність як введення початкових даних, так і отримання кінцевих результатів, оскільки вони впливають не тільки на розмір коштів, що повинні вкладатися у конкретні заходи з охорони праці, а і на їх першочерговість.

Але введені ще на початку розвитку методів при розслідуванні авіаційних пригод, як найбільш тяжких з точки зору наслідків, експериментальні характеристики безпомилковості середньостатистичної людини [11] вказують, наприклад, на те, що ймовірність безпомилкового виконання таких її

функціональних дій, як виявлення сигналу і прийняття рішення становить 0,9380-0,9780, а перевірка логічної умови зразка «або» становить 0,9960, чи зчитування інформації з табло – відповідно 0,9950–0,9995, або натискання кнопки – у межах 0,9985-0,9999. Крім того, також експериментально встановлено, що діапазони зміни безпомилковості людини у нормальних і екстремальних умовах значно відрізняються. Так, помилки при виконанні арифметичних дій при перших умовах знаходяться у діапазоні  $10^{-5}$ – $10^{-3}$ , а у стані стресу під впливом реальної загрози – від  $10^{-4}$  до  $10^{-2}$ , тобто змінюються, як мінімум, на порядок. Крім того, необхідно відзначити і те, що кількість помилок людини не зменшується різко після впливу сильного стрес-фактору. Так, упродовж перших 60 с після його впливу помилки людини наближаються до одиниці на одну дію, тобто вона не здатна безпомилково виконувати свої функціональні дії майже на 100%. А кількість помилок після 5 хвилин після стресу становить одну на 5–6 дій, після 30 хвилин – одну на 6–10 дій. Після закінчення декількох годин від впливу сильного стрес-фактору число тих же помилок знаходиться у діапазоні від 4 на 100 дій до 5 на 1000 дій. Виходячи із зазначеного, нескладно уявити кількість можливих помилок людини-оператора при введенні і обробці статистичних даних тільки при використанні клавіатури ЕОМ, виходячи з кількості натискань на клавіші за годину робочого часу. Але ж на ймовірність їх виникнення впливає не тільки загальна кількість функціональних дій і швидкість їх виконання, а і термін часу, упродовж якого вони виконуються, тобто ймовірність збільшується внаслідок зростання втоми та виникнення стресових ситуацій з-за підвищеної відповідальності за кінцевий результат і т. ін., включаючи психофізіологічні характеристики людини-оператора.

З наведеного ясно, що ефективність використання інформаційно-аналітичних систем, зокрема СУОП, які дозволяють автоматизувати збір, обробку та аналіз статистичних даних, моделювати та прогнозувати показники ШНВЧ для прийняття оперативних управлінських рішень на рівні підприємств залежить і від ймовірності помилок працівників відділів охорони праці при використанні ЕОМ.

### **Постановка завдання**

У результаті виконаного аналізу стану питання виникає необхідність удосконалення методики оцінки показників виробничого ризику при використанні для їх обробки інформаційно-аналітичних систем шляхом врахування наслідків взаємодії людини-оператора з комп'ютерною технікою з метою визначення ймовірності виникнення помилок при обробці показників ШНВЧ у системі «людина – машина – середовище» і їх впливу на коректність управлінських рішень.

### **Матеріали і результати дослідження**

Відомо, що структура операторської діяльності має певні специфічні особливості, які полягають у тому, що людина особисто або за програмою визначає мету діяльності і шляхи вирішення задач щодо досягнення визначеного результату, взаємодіє з предметом праці через інформаційну модель, впливаючи на нього через систему технічних засобів (рис. 1).

Здатність людини на належному рівні підтримувати оптимальні функціональні параметри (працездатність, пильність, перешкодостійкість) протягом певних проміжків часу і при різних складних умовах оточення суттєво залежить від індивідуальних проявів основних властивостей її нервової системи, тобто психофізіологічних чинників (рис. 2), які впливають на результати трудової діяльності [2, 10...13].

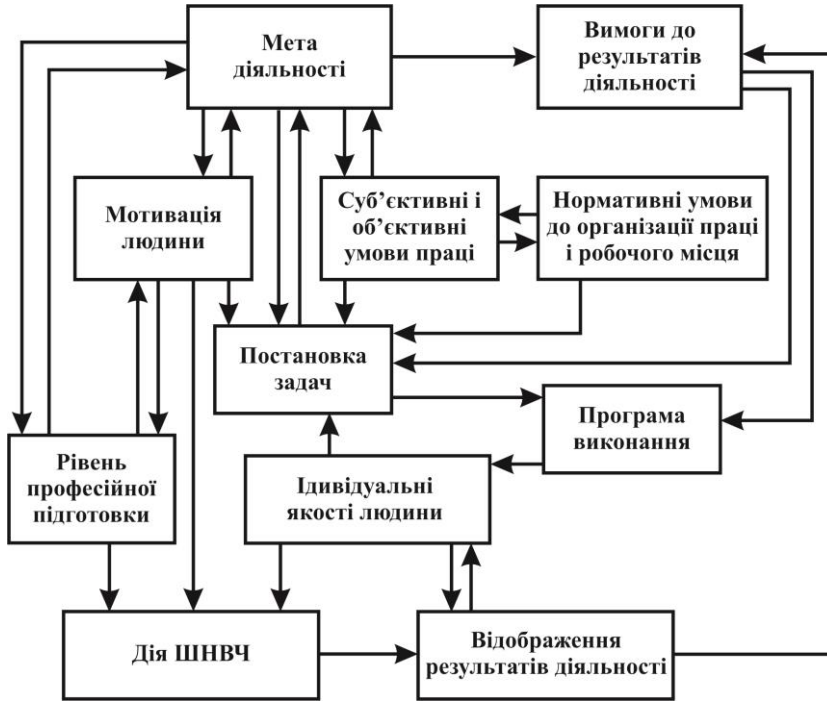


Рис. 1 – Схема діяльності оператора



Рис. 2 – Психофізіологічні чинники

Аналіз представлених схем показує, що ефективність і надійність роботи безпосередньо залежить від рівня професійної підготовки, мотивації та індивідуальних особливостей людини-оператора і робочого місця, тобто повинні враховуватися, окрім загальновідомих ШНВЧ (рівень шуму, вібрації, освітленості та інших санітарно-гігієнічних умов, рис. 3), ще й психофізіологічні, що впливають на якість вирішення поставлених задач, яка визначається надійністю (безпомилковістю) праці та її продуктивністю.

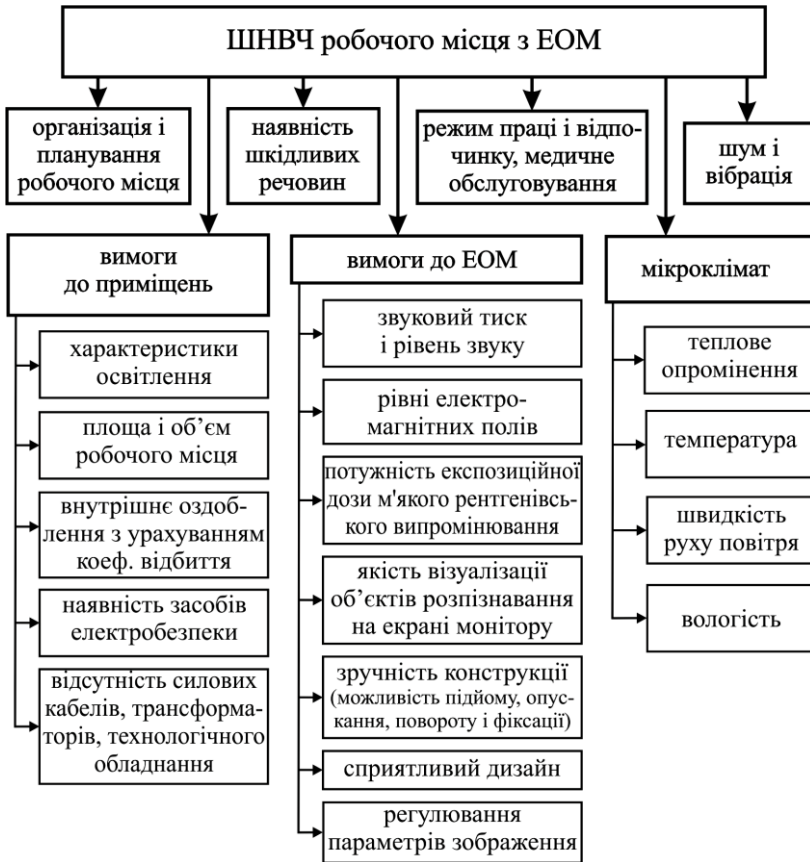


Рис. 3 – Санітарно-гігієнічні чинники

Але результати наукових досліджень з удосконалення технічних і організаційних чинників системи управління охороною праці в різних галузях, отримані при виконанні «Галузевої програми поліпшення стану безпеки, гігієни праці та виробничого середовища на 2008–2012 роки» [14], дають можливість визначити шляхи зменшення впливу як зазначених чинників, так і поліпшення психофізіологічного стану людини-оператора та санітарно-гігієнічних умов на її робочому місці. Шкідливі та небезпечні виробничі чинники, що негативно впливають на людину-оператора при використанні комп'ютерної техніки, широко відомі - це фіксована робоча поза, електромагнітне випромінювання, порушення параметрів освітлення і мікроклімату, термальний дискомфорт, наявність бекграундного шуму, комбінований вплив шуму і вібрації і т. ін., і регламентуються вимогами [15...16], що дозволяє при дотриманні нормативних параметрів звести до мінімуму цей вплив.

Однак допустивши, що негативний вплив шкідливих і небезпечних чинників виробничого середовища, а також психофізіологічний і функціональний стан організму знаходяться в нормованих межах, необхідно враховувати можливі випадкові і системні помилки, а також промахи людини-оператора при обробці інформаційних даних і використанні програмного забезпечення. Системні помилки виникають при обробці статистичних даних внаслідок неправильного оперування з діалоговими вікнами, відключення макросів, блокування антивірусом і т. ін., але правильність роботи програмного забезпечення не повинна ставитися під сумнів, а бути однаковою при виконанні однотипних завдань.

Випадкові помилки обумовлюються низкою причин, дія яких є неоднаковою, тому вони можуть відрізнятися одна від одної і ці відмінності мають випадкову величину.

Промахи, що виникають внаслідок браку уваги, акуратності і інших особливостей людини, можна мінімізувати шляхом професійного відбору, створенням належних умов праці і розпорядку робочого дня, медичного обслуговування та взагалі, так званого «соціального пакету».

При вирішенні задач з визначення вірогідності здійснення помилок при обробці у відділі охорони праці актів за формою Н-1 за 25 років для встановлення основних ризикоутворюючих чинників і наслідків їх прояву на одному з підприємств машинобудування зазначено, що одним з основних показників роботи людини-оператора є безпомилковість і відновлюваність [7, 10...13].

Для типових операцій, які часто повторюються, у якості показника безпомилковості можна використовувати інтенсивність помилок. Для людини ці показники мають визначатися не у функції часу, а в розрахунку на одну виконану дію, зокрема, як

$$P_j = \frac{N_j - n_j}{N_j}, \quad (1)$$

$$\lambda_j = \frac{n_j}{N_j \cdot T_j}, \quad (2)$$

де  $P_j$  – ймовірність безпомилкового виконання операцій з обробки акта за формою Н-1;  $N_j$  та  $n_j$  – відповідно загальна кількість оброблених актів і допущена при цьому кількість помилок;  $\lambda_j$  – інтенсивність помилок  $j$ -го виду;  $T_j$  – середній час обробки акта.

Формула (2) справедлива тільки для ділянки стійкої працездатності оператора, тобто в припущенні про пуассонівський характер потоку помилок. У цьому випадку, знаючи інтенсивність  $\lambda_j$  помилок при виконанні різних операцій і алгоритм роботи оператора, можна знайти ймовірність безпомилкового виконання цього алгоритму

$$P_{on} = \prod_{j=1}^r P_j^{k_j} = e^{-\sum_{j=1}^r (1-P_j)k_j} = e^{-\sum_{j=1}^r \lambda_j T_j k_j}, \quad (3)$$

де  $k_j$  – кількість виконаних операцій  $j$ -го виду;  $r$  – кількість різних типів операцій ( $j = 1, 2 \dots, r$ ).

Основним показником відновлюваності є ймовірність виправлення допущеної помилки, яку при самоконтролі можна визначити за формулою

$$P_{випр.} = P_{\kappa} \cdot P_{виявл.} \cdot P_{ін}, \quad (4)$$

де  $P_{\kappa}$  – відносна кількість контрольованих дій;  $P_{виявл.}$  – ймовірність виявлення оператором допущеної помилки;  $P_{ін}$  – ймовірність недопущення помилкових дій при повторному рішенні задач.

Надійність роботи оператора не залишається величиною постійною, а змінюється з часом, тобто зменшується внаслідок втоми [17]. Тому необхідно розглядати показники надійності оператора у вигляді випадкових функцій часу.

Визначимо ймовірність безпомилкової роботи оператора з урахуванням інформаційного навантаження, проявами якого є переповнення оперативної пам'яті людини і дефіцит часу. У цьому випадку середнє значення ймовірності безпомилкової роботи оператора визначається як

$$\bar{P}_{on} = \sum_{i=1}^3 P_i P_{on/i}, \quad (5)$$

де  $P_i$  – ймовірність виникнення однієї або двох подій (станів) з перших трьох зазначених як:  $P_1$  – ймовірність переповнення оперативної пам'яті;  $P_2$  – ймовірність виникнення дефіциту часу;  $P_3$  – ймовірність відсутності інформаційного перевантаження;  $P_{on/i}$  – умовна ймовірність безпомилкової роботи в  $i$ -му стані.

Ймовірність переповнення оперативної пам'яті визначається з

$$P_1 = p \cdot \{k > k_0\} = \sum_{k=k_0+1}^{\infty} P_k = 1 - \sum_{k=0}^{k_0} P_k, \quad (6)$$

де  $k$  – коефіцієнт черги  $k > 1$ ;  $p$  – коефіцієнт накопичення черги  $p \leq 0,4$ .

$$p = N_{оч} / n, \quad (7)$$

де  $N_{оч}$  – кількість актив, що оброблені в умовах черги на обслуговування;  $n$  – загальна кількість актив, що оброблюються.

Ймовірність того, що довжина черги дорівнює  $k$  можна визначити з

$$P_k = \beta^n (1 - \beta), \quad (8)$$

де  $\beta = \lambda / \mu$  – приведена щільність вхідного потоку;  $\lambda$  – інтенсивність вхідного потоку;  $\mu$  – інтенсивність обслуговування.

Дефіцит часу виникає за умови, якщо час, реально наявний у оператора, менше необхідного для обробки даних, тобто якщо

$$\tau_{л} - \tau_{оч} < \bar{\tau}_{он}, \quad (9)$$

$$\tau_{оч} > \tau_{л} - \bar{\tau}_{он} = \tau_0, \quad (10)$$

де  $\tau_l$  – заданий ліміт часу;  $\tau_{on}$  – час обробки інформації оператором;  $\tau_{oc}$  – час очікування обробки в черзі.

Тоді, у разі відсутності переповнення оперативної пам'яті, ймовірність виникнення дефіциту часу визначається з

$$P_2 = (1 - P_1)P_\tau, \quad (11)$$

де  $P_\tau$  – ймовірність того, що час очікування в черзі перевищує деяку величину  $\tau$ ,

$$P_\tau = P\{\tau_{oc} > \tau\} = \beta e^{-(\mu-\lambda)\tau}, \quad (12)$$

а ймовірність відсутності інформаційного перевантаження з

$$P_3 = (1 - P_1) \cdot (1 - P_\tau). \quad (13)$$

Ймовірності  $P_{on/i}$  можна отримати в результаті аналізу діяльності оператора за формулою (3) або експериментально.

Ймовірність безвідмовного, безпомилкового та своєчасного виконання поставленого завдання знаходиться з

$$P = K_{on} [P_m \cdot P_{on} \cdot P_{ce} + (1 - P_m) \cdot P_{on} \cdot P_{ce} + (1 - P_{on})P_m \cdot P_{вин}], \quad (14)$$

де  $P_m(t)$  – ймовірність безвідмовної роботи технічних пристроїв;  $K_{on}$  – коефіцієнт готовності оператора;  $P_{on}$  – ймовірність безпомилкової роботи оператора;  $P_{ce}$  – ймовірність своєчасного виконання необхідних дій;  $P_{вин}$  – ймовірність виправлення помилкових дій.

Розрахунок надійності технічних засобів показав, що, по-перше, вона визначається двома основними чинниками – надійністю технічного та програмного забезпечення, а по-друге, що основною вимогою до функціональної надійності є те, щоб жодні дії користувача в рамках інтерфейсу, наданого системою, не призводили до руйнування даних і відмов у її роботі [18]. Встановлено, що ймовірність безвідмовної роботи протягом часу обробки одного акта складає  $P_m = 0,989$ .

При аналізі системи виявлено три можливих стани, що впливають на надійність оператора, перший з яких є нормальним (ненапруженим), другий – є пов'язаним з дефіцитом часу, а третій - обумовлюється інформаційним перевантаженням. Розрахунок надійності оператора, проведений за формулою (3) для кожного з цих станів, дав наступні результати:  $P_{on1} = 0,975$ ;  $P_{on2} = 0,960$ ;  $P_{on3} = 0,945$ .

У результаті виконаних за представленою методикою обчислень отримано, що ймовірність безпомилкового виконання на ЕОМ операцій з обробки показників виробничого ризику становить: при перетворенні інформації – 0,9942...0,9995; при виконанні дій з клавіатурою – 0,9930 ... 0,9965 і мишкою – 0,9936 ... 0,9995; при зчитуванні інформації для перевірки – 0,9950 ... 0,9995.

Це підтверджується експериментальними даними, наведеними в [2].

Для визначення повної ймовірності будь-якої події  $A$  можна за [19] скористатися залежністю



$$P(A) = \sum_{i=1}^n P(H_i) \cdot P(A|H_i). \quad (15)$$

Події  $H_1, H_2, \dots, H_n$  вичерпують всі можливі припущення (гіпотези) щодо результатів першого етапу, а подія  $A$  є одним з можливих випадків другого етапу. Враховуючи, що події  $H_1, H_2, \dots, H_n$  утворюють повну групу подій, тоді умовна ймовірність похибки  $H_k$  ( $k = \overline{1, n}$ ) за умови, що помилка  $A$  оператора сталася, становить

$$P(H_k|A) = \frac{P(H_k) \cdot P(A|H_k)}{P(A)}. \quad (16)$$

У результаті обчислень за формулами (15) і (16) отримано, що ймовірність можливої похибки при обробці статистичних даних становить 0,007...0,023.

## Висновки

У результаті виконаного дослідження встановлено, що використання інтенсивності помилок для типових операцій людини-оператора, при обслуговуванні ЕОМ у інформаційно-аналітичній системі управління охороною праці, дає можливість визначати показник її безпомилковості, а, відповідно, і відновлюваності, в розрахунку на одну функціональну дію. Аналізом системи «людина - машина - середовище» виявлено три можливих стани, що впливають на надійність оператора, перший з яких - є нормальним (ненапруженим), другий - є пов'язаним з дефіцитом часу, а третій - обумовлюється інформаційним перевантаженням. Розрахунок надійності оператора за визначеними інтенсивністю помилок, при виконанні різних операцій, і алгоритмом роботи оператора, проведений для кожного з цих станів з метою оцінки ймовірності безпомилкового виконання заданого алгоритму, дав наступні результати:  $P_{on1} = 0,975$ ;  $P_{on2} = 0,960$ ;  $P_{on3} = 0,945$ . Здійснені за представленою методикою обчислення показують, що ймовірність безпомилкового виконання на ЕОМ операцій з визначення показників виробничого ризику становить: при перетворенні інформації - 0,9942...0,9995; виконанні дій з клавіатурою - 0,9930 ... 0,9965 і мишкою - 0,9936 ... 0,9995; при зчитуванні інформації для перевірки - 0,9950 ... 0,9995.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Дюбуа Д. Теория возможностей. Приложения к представлению знаний. Пер. с франц. / Д. Дюбуа, Т. Прад. – М.: Радио и связь, 1990. – 288 с.
2. Белов П.Г. Теоретические основы системной инженерии безопасности. – М.: ГНТП «Безопасность», 1996. – К.: КМУ ГА, 1997. – 424 с.
3. Рогожин О.Г. Потенційний приріст сейсмічності в Україні як фактор зростання ризику життєдіяльності від аварій на хіміко-небезпечних ПНО / О.Г. Рогожин, Є.О. Яковлев // Зб. наук. пр. «Екологічна безпека та природокористування». – К.: - 2015. - № 1(17). – С. 15–27.
4. Касьянов М.А. Дослідження методів оцінки показників виробничого ризику для вдосконалення системи управління охороною праці (СУОП) / М.А. Касьянов, Д.О. Вишневський, О.М. Гунченко, І.В. Савченко // Н.-техн. зб. «Комуніальне господарство міст». – Харків: ХНУ міського господарства ім. О.М. Бекетова. – 2015. – Вип. 120 (1). – С. 243–247.

5. Закон України «Про Національну програму інформатизації» № 74/98-ВР, прийнятий 4.02.1998 р. із змінами, внесеними згідно із Законами: № 2684-III (2684-14) від 13.09.2001, ВВР, 2002, № 1, ст.3; № 2289-VI (2289-17) від 01.06.2010, ВВР, 2010, № 33, ст.471; № 5463-VI (5463-17) від 16.10.2012, ВВР, 2014, № 4, ст.61. – К.: Відомості Верховної Ради України (ВВР). - 1998, № 27-28, С. 181.
6. Закон України «Про Концепцію Національної програми інформатизації» № 75/98-ВР, прийнятий 4.02.1998 р. із змінами, внесеними згідно із Законами: № 3421-IV (3421-15) від 09.02.2006, ВВР, 2006, № 22, ст.199; № 3610-VI (3610-17) від 07.07.2011, ВВР, 2012, № 7, ст.53; № 406-VII (406-18) від 04.07.2013. – К.: Відомості Верховної Ради України (ВВР). - 1998, № 27-28, С.182.
7. Гунченко О.Н. Совершенствование системы управления охраной труда на машиностроительных предприятиях: автореф. дис. канд. техн. наук: 05.26.01 «Охрана труда» / О.Н. Гунченко // ВНУ им. В. Даля. – Луганск, 2007. – 19 с.
8. Кружилко О.Є. Наукові засади оперативного управління охороною праці: автореф. дис. докт. техн. наук: спец. 05.26.01 «Охорона праці» / О.Є. Кружилко // ННДІ промислової безпеки та охорони праці. – К. – 2011. – 36 с.
9. Савченко І.В. Удосконалення методів забезпечення нормованих параметрів променевого опромінення на робочих місцях машинобудівних підприємств: автореф. дис. канд. техн. наук: спец. 05.26.01 «Охорона праці» / І.В. Савченко // СНУ ім. В. Даля. – Луганськ. – 2013. – 20 с.
10. Vyshnevskyy Dmytro. The ways of improving performance of industrial risk and working conditions / Dmytro Vyshnevskyy, Nikolay Kasyanov, Viktor Medyanik – ТЕКА Com. Mot. i Energ. Roln. – Lublin, 2013. – Vol. 13, № 4. – P. 280–287.
11. Вудсон У., Коновер Д. Справочник по инженерной психологии для инженеров и художников-конструкторов / Под ред. В.Ф. Венда. – М.: Мир, 1968. – 517 с.
12. Касьянов М.А. Розрахунок надійності устаткування та ризику заподіяння шкоди здоров'ю коваля-штампувальника / М.А. Касьянов, В.О. Медяник, Д.О. Вишневський // Зб. наук. пр. «Надійність металургійного обладнання». – Дніпропетровськ, 2013. – С. 50–56.
13. Касьянов М.А. Комп'ютерна програма «Інтелектуальна система підтримки прийняття рішень в управлінні охороною праці для зменшення травматизму у ковальсько-пресовому виробництві шляхом оцінки та прогнозування ризику на робочих місцях операторів з урахуванням «технічних» і «людських» відмов» / М.А. Касьянов, Д.О. Вишневський, І.В. Савченко, О.М. Гунченко // Свідोцтво про реєстрацію автор. права на твір – К.: ДСІВУ. – № 53958 від 05.03.2014.
14. «Галузева програма поліпшення стану безпеки, гігієни праці та виробничого середовища на 2008-2012 роки». Затв. Наказом Мінпромполітики України від 30.09.2008 № 615. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.uapravo.net/akty/ministerstwaresolution/akt3dydq4g/index.htm>
15. Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин. Санітарні правила та норми: ДСанПіН 3.3.2.007-98. – [Чинні з 1999-01-01]. – К.: МОЗ України, 1998. – 20 с.
16. Правила охорони праці під час експлуатації електронно-обчислювальних машин: НПАОП 0.00-1.28-10 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http://www.dnaop.com/html/31562/doc-НПАОП\\_0.00-1.28-10/](http://www.dnaop.com/html/31562/doc-НПАОП_0.00-1.28-10/)
17. Гунченко О.М. Визначення обмежень при виконанні теоретичних досліджень з оцінки виробничого ризику / О.М. Гунченко, Д.О. Вишневський, Ю.С. Бикова // Вісник СНУ ім. В. Даля. – Луганськ, 2013. – № 25, Ч.2. – С. 185–192.
18. Ємчук Л.В. Аналіз чинників, що визначають ефективність впровадження інформаційних систем на підприємстві / Л.В. Ємчук. – Дніпропетровськ: Вісник ДНУ. – 2013, – Вип. 7(2). – С. 76–82.
19. Вентцель Е.С., Овчаров Л.А. Теория вероятностей и её инженерные приложения / Е.С. Вентцель, Л.А. Овчаров // 2-е изд. – М.: ВШ. – 2000. – 480 с.

*Стаття надійшла до редакції 14.07.2015*