

УДК 69.05: 658.382

Гунченко О.М., канд. техн. наук, доцент
(Державний університет телекомунікацій, м. Київ)

Беліков А.С., д-р техн. наук, професор
(ДВНЗ «ПДАБА»)

Касьянов М.А., д-р техн. наук, професор
(Національний університет будівництва і архітектури, м. Київ)

Шаломов В.А., канд. техн. наук, доцент
(ДВНЗ «ПДАБА»)

Стефанович П.І., магістр
(Національний університет будівництва і архітектури, м. Київ)

МЕТОДИКА ОЦІНКИ ВИРОБНИЧОГО РИЗИКУ

Гунченко О.Н., канд. техн. наук, доцент
(Государственный университет телекоммуникаций, г. Киев)

Беликов А.С., д-р техн. наук, профессор
(ГВУЗ «ПГАСА»)

Касьянов Н.А., д-р техн. наук, профессор
(Национальный университет строительства и архитектуры, г. Киев)

Шаломов В.А., канд. техн. наук, доцент
(ГВУЗ «ПГАСА»)

Стефанович П.И., магистр
(Национальный университет строительства и архитектуры, г. Киев)

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО РИСКА

Gunchenko O. M., Ph.D. (Tech.), Senior Researcher
(State University of telecommunications, Kiev)

Belikov A.S., D.Sc. (Tech.), Professor
(SHEI "PSACEA")

Kasyanov M.A., D.Sc. (Tech.), Professor
(National University of construction and architecture, Kiev)

Shalomov V.A., Ph.D. (Tech.), Senior Researcher
(SHEI "PSACEA")

Stefanovich P.I., M.S (Tech)
(National University of construction and architecture, Kiev)

METHOD OF ESTIMATES OF INDUSTRIAL RISK

Анотація. Обґрунтована, для оцінки виробничого ризику, доцільність використання багатомірної моделі аналізу умов праці, на основі розподілення за вагою параметрів наявних шкідливих та небезпечних виробничих чинників на дві канонічні величини – за одиницями вимірювання і їх частками до гранично допустимих концентрацій. Доведена можливість при дослідженні і оцінці виробничого ризику враховувати умови праці у конкретному виробництві з зазначенням фактичних вимірів (або розрахункових значень, отриманих на стадії проектування) параметрів конкретних чинників, характерних для нього, переведенням

їх з існуючих одиниць вимірювання у частки гранично допустимих концентрацій і визначенням їх ваги у канонічних величинах. Такий підхід до методології оцінки виробничого ризику забезпечує виконання вимог, наданих у Державних санітарних нормах та правилах «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу», про те, що гігієнічна оцінка професійного ризику повинна проводитися з урахуванням величини експозиції цих факторів, показників стану здоров'я працівника та втрати ним працездатності.

Ключові слова: ризик, імовірність, шкідливі та небезпечні виробничі чинники, математична модель, методика, відмови.

Постановка проблеми. Загальновідомо, що існуючі математичні теорії ризику, які базуються на методах теорії імовірності та математичної статистики, у наш час набули достатньо великого теоретичного і практичного значення внаслідок необхідності вирішення конкретних задач аналізу різнобічних ризикових ситуацій від незначного до катастрофічного рівня, число яких невпинно зростає [1].

Так, за останні 20 років минулого століття виникло 56% із загальної кількості тільки найбільш значних, зі збитком понад 1 млрд. дол., надзвичайних ситуацій (НС) у промисловості і на транспорті [5]. Особливо вражає те, що за 18 років (з 1970 р. по 1988 р.) було зафіксовано 14 природних і техногенних катастроф зі збитком, не меншим від зазначеного, а за 10 років (з 1989 р. по 1999 р.) – 32, і тільки за 1999 р. – вже 7.

У останні десятиліття, з-за прискореного розвитку техногенної сфери і невідповідності суспільства до захисту від НС у ній, ризик загибелі людини виріс до $R_T = (2...3) \cdot 10^{-1}$ на 1000 жителів, що перевищує ризик летального наслідку при усіх видах природних катастроф, який становить $R_n = (0,3...0,5) \cdot 10^{-1}$ [2].

Це зростання свідчить про невідповідність застарілого відношення, з-за повільного переогляду існуючих суспільних уявлень, до вдосконалення методів і засобів щодо безпеки виробничих процесів. Особливо це помітно в Україні, в якій у різних галузях вона є нижчою від 3...5 до 7...11 разів у порівнянні з розвинутими країнами.

Причому, для деяких управлінців і роботодавців з'явилася «беззаперечна» аргументація у зв'язку з впровадженням в основу безпеки життєдіяльності у західних країнах концепції «прийнятного ризику», яка базується на тому, що у даних умовах розвитку не існує абсолютно безпечних видів людської діяльності. Тому їм простіше і менш витратно, в умовах діючого законодавства, сплачувати штрафи за незадовільні умови праці та відшкодовувати працівникам збитки, нанесені у результаті нещасних випадків і професійних захворювань.

Аналіз останніх досліджень, виділення невирішених раніше частин загальної проблеми. У наш час загальновідомо, який рівень впливу на професійний ризик і якість продукції має ставлення роботодавця, наприклад, за рахунок переоснащення обладнання, коли експлуатуються не тільки морально застарілі, а і вкрай зношені його зразки обладнання. Тому при падінні виробництва, показники травматизму в Україні майже не змінюються з-за зростання ризику використання таких засобів і технологічних процесів.

Але необхідно мати на увазі також і те, що не всі роботодавці об'єктивно спроможні створити високу культуру безпеки і технологічної дисциплінованості працівників з-за використання застарілого обладнання, яке до того ж часто є конструктивно недосконалим, морально застарілим та з високим рівнем зношення.

Крім того на неминучість значних аварій у наш час впливає поява у виробництві складних технічних систем, експлуатація яких показує необхідність у теоретичних і методологічних розробках, доведених до рівня інженерних рекомендацій щодо надійності як цих систем, так і їх використання працівниками зі своїми психофізіологічними характеристиками і функціональною надійністю [3]. Вони дозволяють розробляти заходи з безпечної експлуатації таких систем ще на етапі їх проектування з урахуванням різнобічних статистичних даних щодо виникнення надзвичайних ситуацій. Їх аналіз надає можливість встановлювати і змінювати вимоги до таких конструктивних критеріїв, як надійність і безпека, у т.ч. і шляхом використання математичних моделей зміни надійності.

Необхідно врахувати і те, що при порівнянні умов праці людей-операторів однієї професійної категорії, які знаходяться у виробничих умовах різних підприємств (або одного і того ж, але у різних цехах чи дільницях), виявляється, що на рівень їх індивідуального ризику впливає також стан обладнання, його відмінність між собою, послідовність операцій у технологічному циклі, будівельно-планувальні особливості приміщення і т. ін. Тобто, порушення сукупної дії шкідливих та небезпечних виробничих чинників (ШНВЧ) оточуючого середовища та умов праці для тієї ж професійної категорії робітників змінює і рівень виробничого ризику у межах конкретної професії.

Оскільки у останній час виникла дискусія з приводу термінів «охорона праці» і «управління професійними ризиками», зокрема, останній пропонується змінити на «аналіз професійного ризику об'єкта», як процес ідентифікації ШНВЧ і оцінки ризику ушкодження здоров'я для персоналу на конкретному об'єкті, то необхідно зауважити, що метою кожного такого «аналізу» є розробка заходів для зниження ризику, тобто таких, з допомогою яких здійснюється управління (зміна) їх величиною.

У наш час не викликає сумніву те, що проблема визначення більш-менш об'єктивних кількісних показників стану охорони праці, безпеки виробничих процесів і надійності функціонування системи «людина-машина-середовище» є актуальною та пов'язаною з удосконаленням існуючих методів і засобів на основі однакового і зрозумілого в практичних умовах, незалежно від специфіки виробництва, системного підходу. Останній повинен базуватися на оцінці ризику, не тільки як на методі управління безпекою, а і як на засобі впровадження розроблених заходів з попередження, зменшення або ліквідації ШНВЧ. Як відомо [8], такий підхід, завдяки міжнародному стандарту ІЕС 61882:2001 «Дослідження безпеки і працездатності (HAZOP). Керівництво до застосування» за методами HAZOP (аналіз небезпек і працездатності) та HAZID (ідентифікація небезпек) успішно використовується у нафтогазовій промисловості. Але і він потребує удосконалення та спрощення шляхом розробки і використання

критеріїв визначення ШНВЧ для оцінки соціальної та економічної ефективності заходів у зазначеній системі управління ризиками, які повинні обов'язково враховуватись у виробничих умовах і базуватися на:

- не тільки на виборі, використанні і вивченні існуючих методів аналізу ризикоутворюючих чинників, а і на їх удосконаленні шляхом визначення з них тих, що суттєво впливають на показники ризику;
- обґрунтуванні доцільності і необхідності визначення і дослідження показників виробничого ризику;
- вивченні, удосконаленні і впровадженні методів визначення ризику;
- розробці заходів з попередження виникнення ризикоутворюючих чинників, їх впровадженні, моніторингу і коригуванні.

У процесі аналізу виробничого ризику виникає необхідність у розробці моделі оцінки його кількісних показників з використанням наступних базових положень:

- визначальним є базування на понятті випадковості події, або наслідків, характерних для технічної системи упродовж конкретного часового періоду або у заданому часовому сегменті;
- важливою складовою є наявність статистичної інформації про можливість настання, ступінь значущості і потенційні наслідки кожної з випадкових подій;
- врахування того, що у процесі прийняття рішень стосовно стану і функціонування технічних систем на основі зазначеної інформації остання обов'язково буде мати складову, яка її викривляє, і тому дійсні значення показників ризику будуть відрізнятися від визначених.

Не викликає сумніву те, що якість врахування останнього положення, у першу чергу, залежить від точності і повноти інформаційно-вимірювальних систем контролю та кількості параметрів, що піддаються останньому. Відомо, що у даний час такі системи мають погрішності, а оскільки не всі їх параметри контролюються, то можливою є поява одномірного або багатомірного некерованого чи випадкового процесу, який здатен змінити стан технічного об'єкту, використання якого піддається оцінці за ризикоутворюючими чинниками.

Мета роботи. Якщо брати до уваги те, що у останні роки серед основних причин нещасних випадків і травматизму, крім відомих організаційних і технічних, третє місце почали посідати психофізіологічні, які відносяться до людського ризику, то виникає необхідність у більш поглибленому аналізі останніх для визначення не тільки якісної і кількісної різниці між технічною системою і людиною, а і у систематизації хоча б і часткових аналогій між ними, наприклад, при здійсненні механічних рухів і т. ін.

Враховуючи те, що людина-оператор направляє свої зусилля на виконання відповідних виробничих завдань в умовах існуючої невизначеності, коли їй необхідно постійно приймати рішення у конкретних умовах здійснення технологічного циклу з метою коригування умов його протікання, зрозумілими становляться причини виникнення людських (операторських) ризиків. При умові їх параметризації з'являється можливість, завдяки існуючим статистичним показникам, використовувати для обґрунтування людських відмов математичні, а

саме імовірнісні підходи. Вони сприятимуть більш повній і точній оцінці ризику виникнення небезпечної, критичної чи аварійної ситуації на основі як технічних так і людських відмов, що є метою дослідження. Важливість цієї проблеми обумовлюється і тим, що у останній час різко зросла їх вартість при експлуатації технічних систем улюбій сфері, наприклад, в авіації з-за помилок операторів і, особливо, під впливом погодних умов, виникає близько 66 % з усіх аварійних ситуацій.

Результати дослідження. За [5] відомо, що ризик втрат, які виникають при створенні і експлуатації технічних процесів, систем і об'єктів відноситься до технічного його різновиду, що має достатньо багато параметрів і критеріїв, які характеризують різні стани життєвого циклу цих об'єктів. Причому, незважаючи на те, що при визначенні, аналізі і управлінні ризиком серед факторів, які збурюють і відхиляють функціонування таких систем від нормального стану, внаслідок дії власних законів розподілення з припустимими межами значень параметрів і подій, у якості найважливіших необхідно виділяти економічність і безпеку.

Поняття «професійний ризик» у нормативних документах визначається як імовірність спричинення шкоди здоров'ю у результаті впливу шкідливих або небезпечних виробничих чинників (ШНВЧ) при виконанні працівником своїх трудових обов'язків.

Зокрема у [4] сказано, що професійний ризик – це величина ймовірності порушення (ушкодження) здоров'я працівника з урахуванням тяжкості наслідків несприятливого впливу факторів виробничого середовища і трудового процесу, а гігієнічна оцінка професійного ризику проводиться з урахуванням величини експозиції цих факторів, показників стану здоров'я працівника та втрати ним працездатності.

Тобто вона з загальних теоретичних передумов є числовою мірою ступеня об'єктивної можливості настання події, що призведе до такого впливу, наслідками якого можуть бути травми різної тяжкості, у т.ч. і летальні. А отже цю імовірність $P_{шз}$ за деякий термін часу T можна визначати як суму ймовірностей P_i таких подій [1, 4, 5, 9-11].

$$P_{шз} = \sum_1^n P_i \quad (1)$$

де $P_{шз}$ – імовірність шкоди здоров'ю; i – індекс ступеня його пошкодження; n – загальна кількість таких ступенів.

Але оскільки при цьому визначається імовірність події за конкретний термін часу, як правило – за рік, то така оцінка показує частоту реалізації цієї події при постійній кількості працівників N у виробничій системі P_i буде дорівнювати

$$P_i = \frac{K_i}{NT} \quad (2)$$

Такий підхід до визначення професійного ризику має суттєвий недолік, який полягає у відсутності серед його показників даних щодо тяжкості отриманих травм. Тому кількісно професійний ризик R_n більш доцільно визначати математичним очікуванням потенційної шкоди як суму ймовірностей P_i і зважених оцінок з урахуванням того, що травми, а, відповідно, і їх наслідки, можуть бути рідної тяжкості Z_i . І тоді

$$R_n = \sum P_i Z_i \quad (3)$$

де Z_i – кількісна величина збитку від ушкодження з-за травми і-ї тяжкості.

Це створює можливість визначення професійного ризику яку вартісному вираженні, так і у часі втраченого (скороченого) життя, наприклад за кількістю діб. Проте і такий підхід має свої вади внаслідок впливу на рівень професійного ризику факторів, пов'язаних з виробничим середовищем і відповідним впливом на нього роботодавця, психофізіологічними характеристиками працівника, які визначають його індивідуальні якості, а також зовнішніх, що повністю залежать від стану навколишнього виробничого середовища.

За [5] ризик – це ситуативна характеристика діяльності людини по управлінню технічною системою, що відображає невизначеність цієї діяльності і можливі втрати при реалізації цільових задач. Причому під такими розуміються втрати:

- техніки (зокрема, повна або часткова її поломка), які пов'язані з виходом параметрів її стану за межі допустимих значень;
- фінансові, які є наслідками перших, і призводять до неповного або неякісного використання технічних можливостей системи, зокрема, для транспортної – це рух при режимах, які не є оптимальними за витратами палива;
- пов'язані з людськими жертвами.

Тому для характеристики успішності експлуатації динамічної системи введено поняття її безпеки. І у загальному випадку для аналізу причин виникнення і прояву ризикоутворюючих чинників необхідно створювати математичні моделі енергетичних і інформаційних процесів, що відбуваються на різних етапах життєвого циклу технічних об'єктів. А рівень достовірності таких моделей повинен визначатися метою аналізу за допомогою математичної теорії [2, 8, 9-11].

Треба мати на увазі, що аналіз методів оцінки ризику і прийняття рішень в умовах невизначеності показує наявність не однакового трактування терміну «ризик» у різних дослідженнях. Але у останній час для формалізації ризику R поширилося використання моделі, яка пов'язує між собою імовірність P виникнення негативної події Y (небезпечної, критичної або аварійної ситуації, катастрофи) і імовірну величину можливих її наслідків Z за умови реалізації [3].

$$R(Y) = P(Y)Z(Y) \quad (4)$$

Важливою обставиною є те, що у цій моделі, крім імовірності $P(Y)$, яка чисельно показує можливість здійснення негативної події Y , що є пов'язаною з невизначеною ситуацією, присутня і величина можливих її наслідків $Z(Y)$.

Остання ж залежить не тільки від матеріальних (цінності зруйнованого майна, обладнання, споруд і т. ін.) та моральних втрат (кількості травмованих, загиблих). На неї впливає також ступінь вразливості $N(Y)$ технічної системи від такої події, або імовірність її уникнення чи ненастання, та загальний умовний збиток $M(Y)$, який обумовлюється ступенем тяжкості ризику. Тому визначати імовірну величину можливих наслідків Z необхідно з урахуванням цих складових, тобто

$$Z(Y) = N(Y)M(Y) \quad (5)$$

І тоді

$$R(Y) = P(Y)N(Y)M(Y) \quad (6)$$

Наслідки збоїв або відмов і їх частота згруповані [3] за статистичними даними, перші – на 6 категорій (табл. 1), а друга – на 5 (табл. 2), причому, всі вони перетворені у 10-ти бальну шкалу. На 5 ступенів впливу на фактори ризику розподілені і обставини робочого процесу (табл. 3).

Ступінь ризику і необхідні заходи для його зниження, у залежності від обставин робочого процесу, що впливають на фактори ризику, по 100-бальній системі розбиваються на такі: 0-25 – малий ризик; 25-55 – середній ризик; 55-85 – необхідні заходи для його зменшення; 85-100 – роботу неможливо продовжувати до прийняття заходів зі зменшення або усунення ризику; більше 100 – зменшення ризику є обов'язковим.

Але для реалізації цієї моделі, крім відомої (із статистичних або розрахункових даних про можливі відмови системи) імовірності $P(Y)$ виникнення негативної події, необхідно також знати обставини, які сприяють імовірності $N(Y)$ розвитку надзвичайної ситуації, та наслідки цих відмов $M(Y)$. Тому запропонована у [10, 11] і інших дослідженнях бальна оцінка ризику не є досконалою, але її можна використовувати у якості попередньої.

Причому, якщо з наведеними у табл. 1 за [3] наслідками збоїв технічних систем за 10-бальною шкалою можна погодитися, то з можливою частотою (імовірністю P) за табл. 2 виникає проблема, тому що вона не прив'язана до напруження на відмову. Такий підхід передбачає тільки те, що така подія, тобто пов'язана із збоєм або відмовою у роботі системи, відбувається дуже рідко, рідко, середньо, часто чи дуже часто. Крім того, виникає питання і стосовно того, наприклад, яким чином при середній частоті збоїв, коли останні можуть відбуватись раз на рік, можна врахувати зростання її імовірності, якщо упродовж, наприклад, 1...6 місяців вона ще не відбулася.

Також виникають питання і стосовно обставин робочого процесу, які впливають на фактори ризику N , а саме ступеня цього впливу, який за табл. 3 поділяється на 5 категорій, причому з кроком у 0,2 починаючи з 0,6 до 1,4.

У [7] вказано, що в Росії оцінку ризику здійснюють його категоріюванням за класами умов праці, медико-біологічними даними працівників, отриманими у результаті періодичних медичних оглядів, а також на основі епідеміологічних даних.

Таблиця 1 – Наслідки збоїв (Категорія *U*)

Наслідки, <i>P</i>	Опис	Пункти
Не мають ефекту	Збій, не має ніякого серйозного впливу на процес	0
Маловажні	Дуже малий збій (ушкодження), значно впливає на процес і безпеку	1
Малі	Збій з короткочасним ефектом, немає ризику для персоналу	2
Середньої величини	Збій, може створити ризик для персоналу, вимагає вживання заходів безпеки	4
Серйозні	Збій створює серйозні перешкоди роботі, ушкодження устаткування, вимагає спеціальних мір захисту та безпеки, для усунення необхідно надати більш тривалий час	6
Дуже серйозні	Збій створив серйозну небезпеку, можливі серйозні травми або смерть	8
Катастрофічні	Збій створив серйозну загрозу здоров'ю для великої кількості людей і т.п.	10

При такій оцінці ризику він є доказаним, а тільки на основі класу умов праці – підозрюваним і з використанням матеріалів атестації робочих місць.

Взагалі у Росії, яка у питанні розвитку методології оцінки професійного ризику має декілька методичних вказівок і керівних документів, наприклад, [12,13] спостерігається невідповідність між тими, які відносяться до галузевих.

Таблиця 2 – Можлива частота збоїв (імовірність *P*)

Подія	Опис	Пункти
Дуже рідко	Збій практично можливий	0
Рідко	Збій може відбуватися 1 раз у 2-3 роки	3
Середньо	Збій може відбуватися раз у рік	5
Часто	Збій може відбуватися 2-3 рази в рік	8
Дуже часто	Збої можуть відбуватися часто, принаймні 2-3 рази на місяць	10

Галузеві документи з оцінки ризику, не використовують посилання на зазначені керівні документи, зокрема [13], мають неоднакове визначення термінів та побудовані на методі аналізу видів, наслідків і критичності відмов (АВНКВ), який започатковує 6 їх категорій (табл. 4) за їх значимістю від 0 до 5.

Перевагою галузевих методик, що базуються на методі АВНКВ, є те, що виробничі і професійні ризики мають простоту і доступність викладення, а також оцінюються єдиною шкалою категорій. У якості галузевих використовується і метод Файн-Кінні, який засновано на комбінації ступеня піддавання працівника дії ШНВЧ на робочому місці і імовірності виникнення на ньому загрози та наслідків для здоров'я і безпеки працівників за умови її здійснення. І числа оцінка ризику, на відміну від [3], має не 6, а 4 категорії (0-10 – незначні ризики; 11-20 – допустимі чи прийнятні; 21-60 – значні ризики; 61-216 – екстремальні чи неприйнятні за табл. 5) або 5 (0-50 – незначні ризики, 50-100 – адекватні, 100-150 – помірні, 150-360 – надмірні, більше 360 – критичні за табл. 6).

Таблиця 3 – Обставини робочого процесу, що впливають на фактори ризику (імовірність V)

Ступінь впливу	Характер впливу
0,6	Дана обставина, впливаючи повною мірою на фактор ризику, може привести до його значного зниження
0,8	Вплив даної обставини робочого процесу на фактор ризику не є максимально повним по своїй інтенсивності та може привести до часткового зниження ризику
1,0	Вплив даної обставини робочого процесу на фактор ризику незначний
1,2	Вплив даної обставини робочого процесу на фактор ризику не є максимально повним по своїй інтенсивності та може привести до часткового збільшення ризику
1,4	Дана обставина, впливаючи повною мірою на фактор ризику, може привести до його значного збільшення

Таблиця 4 – Категорія значимості наслідків реалізації небезпек (перетворений метод АВНКВ)

Категорія значимості наслідків	Об'єкт, що піддається небезпеці - персонал
5	Гострі професійні поразки важких форм (умови праці класу 4). Смертельні травми
4	Важкі форми професійних захворювань (умови праці класу 3.4). Важкі травми
3	Професійні захворювання середньої та легкої важкості (умови праці класу 3.3). Травми середньої важкості
2	Збільшення виробничо обумовленої захворюваності (умови праці класу 3.2). Легкі травми
1	Збільшення загальної захворюваності (умови праці класу 3.1). Мікротравми
0	Відсутній (умови праці класу 2)

Галузеві документи також з відомих 4-х принципів управління професійним ризиком, таких як, усунення небезпечного чинника або ризику, боротьба з ним у джерелі виникнення, зниження його рівня або впровадження безпечних систем праці і використання засобів індивідуального захисту при збереженні залишкового ризику, крім їх формулювання у загальному вигляді, не враховують відомий принцип зниження ШНВЧ на шляху його розповсюдження.

Прийнятність же виробничого і професійного ризиків визначається у відповідності до матриці ризику, за якою галузеві методики поділяють їх на три категорії:

- прийнятні, які у довгостроковому терміні потребують зниження;
- умовно прийнятні, які потребують зниження у середньостроковій перспективі;
- неприйнятні, які потребують негайних заходів управління.

Таблиця 5 – Оцінка ризику (перетворені шестибальні шкали категорій для визначення ризику)

Числова оцінка ризику	Якісна оцінка ризику	Примітка
0...10	Несуттєві ризики	Ризик практично відсутній
11...20	Припустимі (прийнятні) ризики	Зона припустимого найбільш можливого низького рівня ризику. Ризик загалом задовільний і не вимагає додаткових заходів управління.
21...60	Суттєві ризики	Суттєвий рівень ризику (ризик, що вже може привести до негативних наслідків) - може бути прийнятий до уваги при розробці цілей та плануванні заходів у перспективі.
61...216	Екстремальні (неприйнятні) ризики	Екстремальні - неприпустимі ризики. Всі ризики і впливи повинні бути скорочені, виключені та повинні враховуватися при плануванні.

Таблиця 6 – Оцінка ризику (перетворені десятибальні шкали категорій для визначення ризику)

Числова оцінка ризику	Якісна оцінка ризику	Припустимість	Заходи впливу
0...50	Незначні ризики	Припустимі	Заходи щодо поліпшення ситуації рекомендуються
50...100	Адекватні ризики		
100...150	Помірні ризики	Неприпустимі	Негайне прийняття коригувальних дій
150...360 Більше 360	Надмірні ризики Критичні ризики		

Для визначенні схильності, імовірності і наслідків за цим методом існує три шкали, в яких числова оцінка ризику, а саме схильність коливається від 0 (ніколи її не існує) до 10 (постійна). А імовірність варіюється від 0 (абсолютно неможлива) до 10 (неодмінно станеться), наслідки ж знаходяться в інтервалі від 0 (мінімальні пошкодження) до 100 (катастрофічні). Ступінь ризику визначається перемноженням числових категорій усіх цих складових – схильності, імовірності і наслідків.

Наведені вище методики підтверджують існування проблеми оцінки виробничого ризику при наявності досить великого переліку ШНВЧ. Тому виникає потреба у дослідженні можливості використання методів багатомірного аналізу до оцінки такого ризику, оскільки виробничі умови, наприклад, у машинобудуванні, будівництві, виробництві будівельних матеріалів і т. ін. характеризуються складними умовами праці і впливом на працівників.

До того ж цей вплив є, як правило, результатом сумісної дії цілого ряду ШНВЧ, до яких відносяться порушення параметрів мікроклімату, освітлення, шум і вібрація, запиленість, можливість отримання механічної, електричної, термічної травми, психофізіологічні ШНВЧ, такі як монотонність, стрес, втома, несприятлива робоча поза людини-оператора, несумісність параметрів робочого місця з антропометричними даними конкретної людини і т. ін.

Виходячи з зазначеного, при наявності використання у багатомірному об'єкті, яким є будь-яка технічна система [9-10], декількох змінних і показників у вигляді переліку наявних ШНВЧ і їх параметрів, у моделі функції канонічних величин доцільно вирішувати задачу дискримінації ряду апріорних груп з перерахованих показників. Тобто виділяти їх з загального переліку, внаслідок чого задача буде спрощена і полягатиме в отриманні набору дискримінантних функцій виду $d = a_1x + a_2x + a_3x + \dots + a_ix$ з коефіцієнтами $a_1, a_2, a_3 \dots a_i$, що мінімізують зміщення між різними групами ШНВЧ. Вони можуть задаватися власними числами і векторами множин об'єднаної матриці внутрішньогрупових сум квадратів і множин відхилень від групових середніх значень.

Наукова новизна і практична значимість. Обґрунтовано, для оцінки виробничого ризику, доцільність використання багатомірної моделі аналізу умов праці, на основі розподілення за вагою параметрів наявних шкідливих та небезпечних виробничих чинників на дві канонічні величини – за одиницями вимірювання і їх частками до гранично допустимих концентрацій. Це дозволяє при дослідженні і оцінці виробничого ризику врахувати умови праці у конкретному виробництві з зазначенням фактичних вимірів (або розрахункових значень, отриманих на стадії проектування) параметрів конкретних чинників, характерних для нього, переведенням їх з існуючих одиниць вимірювання у частки гранично допустимих концентрацій і визначенням їх ваги у канонічних величинах. Такий підхід до методології оцінки виробничого ризику забезпечує виконання вимог, наданих у Державних санітарних нормах та правилах «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу», про те, що гігієнічна оцінка професійного ризику повинна проводитися з урахуванням величини експозиції цих факторів, показників стану здоров'я працівника та втрати ним працездатності.

Висновки. У результаті виконаного дослідження встановлено, що розвиток і удосконалення методів аналізу і оцінки ризиків полягає не тільки у вилученні з них незначних за впливом ШНВЧ, а і досконалому розгляді ризикоутворюючих чинників і механізмів виникнення нещасних випадків.

Вдосконалення підходів до оцінки ризику повинно здійснюватись на загальному показнику, який дозволить порівнювати дію ШНВЧ, що мають різну природу виникнення з носіями у вигляді різних видів енергії, з урахуванням у загальних наслідках внеску або вагової частки окремих чинників і визначенням інтегрованого ступеня безпеки технічної системи.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Багров, А. В. Техногенные системы и теория риска / А. В. Багров, А. К. Муртазов. – Рязань: Рязанский гос. ун-т им. С. А. Есенина, 2010. – 207 с.
2. Бондарь, Е. А. О методах оценки профессионального риска и путях их совершенствования / Е. А. Бондарь // Безопасность жизнедеятельности. – Москва, 2010. – Вып. 3(111). – С. 31-35.
3. Галлямова, Э. И. Оценка производственных рисков как метод управления безопасностью в нефтяной и газовой промышленности [Электронный ресурс] / Э. И. Галлямова // «Нефтегазовое дело»: электр. науч. ж-л. – 2016. - Вып. 3. - С. 293-306. – Режим доступа: http://ogbus.ru/issues/3_2016/ogbus_3_2016_p293-306_Gallyamova_E_I_ru.pdf. – Загл. с экрана. – Проверено: 15.11.2016.

4. Живетин, В. Б. Введение в анализ риска. Серия «Риски и безопасность человеческой деятельности», кн. 1 / В. Б. Живетин. – Москва : Информ.– изд. центр «Бон Анца», 2008. – 384 с.
5. Применение методов многомерного анализа к оценке риска факторов производственной среды / В. В. Захаренков, Д. В. Суржиков, А. М. Олещенко [и др.] // Современные наукоемкие технологии. – 2014. – № 1. – С. 62-65.
6. Имашева, А. О. Математическое моделирование в управлении охраной труда / А. О. Имашева // Вектор науки Тольяттинского гос. ун-та. – 2013. - № 2 (24). – С. 283-287.
7. Вдосконалення методів аналізу небезпек і виробничого ризику / М. А. Касьянов, В. О. Медяник, О. М. Гунченко, Ю. Г. Проніна // Строительство, материаловедение, машиностроение. Серия: БЖД. Сб. науч. тр. ПГАСА. – Днепропетровск : ГВУЗ ПГАСА, 2015. -Вип. 84. – С. 130-139.
8. Минько, В.М. Математическое моделирование в управлении охраной труда / В.М. Минько. – Калининград : ФГУНПП «Янтарный сказ», 2002. – 184 с.
9. Р 2.2.1766-03. Руководство по оценке профессионального риска для здоровья работников. Организационно-методические основы, принципы и критерии оценки труда / Введ. 2003-01-11. – Москва : Изд-во стандартов, 2003. – 24 с.
10. Р 2.2.2006-05 Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда / Введ. 2005-01-10. – Москва : Изд-во стандартов, 2005. – 108 с.

REFERENCES

1. Bagrov A. V. and Murtazov A. K. (2010), *Tehnogennyye sistemy i teoriya riska* [Man-made systems and risk theory], Rjazanskij gos. un-t im. S. A. Yesenina, Ryazan, RU.
2. Bondar Ye. A. (2010), «On the methods of assessment professionalnogo piska and ways to improve them», *Bezopasnost zhiznedeyatel'nosti*, no. 3 (111), pp. 31-35.
3. Galljamova Je. I. (2016), «Evaluation of operational risks as a security management method in the oil and gas industry» [Electronical resource], *Neftgazovoye delo:elektronny nauchny zhurnal*, no. 3, pp. 293-306. Available at: http://ogbus.ru/issues/3_2016/ogbus_3_2016_p293-306_Gallyamova_E_I_ru.pdf.
4. Zhivetin V. B. (2008), *Vvedenie v analiz riska. Riski i bezopasnost chelovecheskoy deyatel'nosti* [Introduction to risk analysis. Risks and safety of human activity], Inform.– izd. centr «BonAnca», Moscow, RU.
5. Zaharenkov V. V. Surzhikov D. V. and Oleshchenko A. M. (2014), «The use of multivariate analysis for risk assessment in the working environment», *Sovremennyye naukoymkiye tehnologii*, no. 1, pp. 62-65.
6. Imasheva A. O. (2013), «Mathematical modeling in the management of occupational safety and health», *Vektor nauki Tolyattinskogo gos. un-ta*, no. 2 (24), pp. 283-287.
7. Kas'janov M. A., Medjanyk V. O., Gunchenko O. M. and Pronina Ju. G. (2015), «Improving methods of hazard analysis and production risk», *Construction, materials science, mechanical engineering*, PDABA, Dnepropetrovsk, no. 84, pp. 130-139.
8. Min'ko V. M. (2002), *Matematicheskoye modelirovaniye v upravlenii okhranoy truda* [Mathematical modeling in the management of occupational safety and health], FGUNPP «Jantarnyj skaz», Kaliningrad, RU.
9. R 2.2.1766-03. *Rukovodstvo po ocenke professionalnogo riska dlya zdorovya rabotnikov. Organizacionno-metodicheskiye osnovy, principy i kriterii ocenki* [Guidance on occupational risk assessment guide for workers' health. Organizational-methodical bases, principles and criteria of job evaluation] (2003), Izd-vo standartov, Moscow, RU.
10. R 2.2.2006-05 *Rukovodstvo po gigenicheskoyj ocenke faktorov rabochej sredy i trudovogo processa. Kriterii i klassifikacijja usloviy truda* [Guidance on the hygienic assessment of factors of working environment and labor process. The criteria and classification of working conditions] (2005), Izd-vo standartov, Moscow, RU.

Про авторів

Гунченко Оксана Миколаївна, кандидат технічних наук, доцент кафедри фізичної культури і охорони праці, Державний університет телекомунікацій, Київ, Україна, oks-gunchenko@yandex.ru

Беліков Анатолій Серафимович, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри безпеки життєдіяльності, Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури» (ДВНЗ «ПДАБА»), Дніпропетровськ, Україна, bgd@mail.pgasa.dp.ua.

Касьянов Микола Анатолійович, доктор технічних наук, професор кафедри охорони праці і навколишнього середовища, Національний університет будівництва і архітектури, Київ, Україна,

kaflab241ecolog@gmail.com.

Шаломов Володимир Анатолійович, кандидат технічних наук, доцент кафедри безпеки життєдіяльності, Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури» (ДВНЗ «ПДАБА»), Дніпропетровськ, Україна, shalomov_v_a@mail.ru.

Стефанович Павло Іванович, асистент кафедри охорони праці і навколишнього середовища, Національний університет будівництва і архітектури, Київ, Україна, kaflab241ecolog@gmail.com.

About the authors

Gunchenko Oksana Mikolayivna, Candidate of Technical Sciences, associate professor in State University of telecommunications, associate professor Department of physical education and labor protection, Kiev, Ukraine, oks-gunchenko@yandex.ru.

Belikov Anatoliy Serafimovich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Life Safety Department in State Higher Education Institution «Pridneprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture» (PSACEA), Dnipropetrovsk, Ukraine, bgd@mail.pgasa.dp.ua.

Kasyanov Mykola Anatoliyovych, Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Labor Protection and the Environment in National University of Construction and Architecture, Kiev, Ukraine, kaflab241ecolog@gmail.com.

Shalomov Volodymyr Anatoliyovych, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Life Safety Department in State Higher Education Institution «Pridneprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture» (PSACEA), Dnipropetrovsk, Ukraine, shalomov_v_a@mail.ru.

Stefanovych Pavlo Ivanovych, Master of Science, Assistant of Department of Labor Protection and the Environment in National University of Construction and Architecture, Kiev, Ukraine, kaflab241ecolog@gmail.com.

Аннотация. Обоснована, для оценки производственного риска, целесообразность использования многомерной модели анализа условий труда на основе распределения по весу параметров имеющих вредных и опасных производственных факторов на две канонические величины – по единицам измерения и их долям к предельно допустимым концентрациям. Получена возможность при исследовании и оценке производственного риска учитывать условия труда в конкретном производстве с указанием фактических измерений (или расчетных значений, полученных на стадии проектирования) параметров конкретных факторов, характерных для него, переводом их из существующих единиц измерения в весовые доли предельно допустимых концентраций и определением их веса в канонических величинах. Такой подход к методологии оценки производственного риска обеспечивает выполнение требований, представленных в Государственных санитарных нормах и правилах «Гигиеническая классификация труда по показателям вредности и опасности факторов производственной среды, тяжести и напряженности трудового процесса» о том, что гигиеническая оценка профессионального риска должна проводиться с учетом величины экспозиции этих факторов, показателей состояния здоровья работника и потери им трудоспособности.

Ключевые слова: риск, вероятность, вредные и опасные производственные факторы, математическая модель, методика, отказы.

Annotation. The expedience of the use of multidimensional model of analysis of terms of labour on the basis of distributing on weight of parameters of present harmful and dangerous production factors on two canonical sizes – on units of measuring and their stakes to maximum possible concentrations, for estimation of production risk, is grounded. Possibility at research and estimation of production risk to take into account the terms of labour in concrete production with pointing of the actual measurings (or the calculation values got on the stage of planning) of parameters of concrete factors characteristic for him, by translation of them from existent units of measuring in gravimetric stakes is maximum possible concentrations and determination of their weight in canonical sizes is got. Such approach to methodology of estimation of production risk provides implementation of the requirements, represented in the State sanitary norms and rules «Hygienical job classification on the indexes of harmfulness and danger of factors of production environment, weight and tension of labour process», that hygienical estimation of occupational take must be conducted tak-

ing into account the size of display of these factors, indexes of the state of health of worker and loss by him ability to work.

Keywords: risk, probability, harmful and dangerous production factors, mathematical model, method, refusals.

Стаття поступила в редакцію 10.04. 2016

Рекомендовано к печати д-ром техн. наук Т.В. Бунько