

В.П. КАЛІНЧИК, В.А. ПОБІГАЙЛО, В.В. КАЛІНЧИК, О.В. БОРИЧЕНКО, О.В. МЕЙТА

КОМПЛЕКСНИЙ ПІДХІД ДО ПРОВЕДЕННЯ МОНІТОРИНГУ ФІЗИЧНИХ ФАКТОРІВ ВИРОБНИЧОГО СЕРЕДОВИЩА

В роботі обґрунтовано, що безпека виробництва у сучасних умовах забезпечується тільки при постійній оцінці та ефективному контролі за виробничими ризиками. Перехід до інформаційних технологій ставить додаткові завдання до технології підготовки інформації. Основною вимогою до розробки системи управління забезпечення безпечних умов і охорони праці, побудованої з використанням сучасних інформаційних технологій, є виключення неповноти необхідної інформації, що дозволяє реалізовувати таку відкриту систему управління, яка в конкретних виробничих умовах забезпечувала б обґрунтування управлінських рішень на основі обробки наявної інформації. Причому основним ядром такої системи є система моніторингу фізичних факторів виробничого середовища. Обґрунтовано комплексний підхід до проведення моніторингу фізичних факторів виробничого середовища. Показано, що комплексний підхід полягає в обов'язковому врахуванні всіх фізичних факторів виробничого середовища, що наявні на робочих місцях підприємства, у забезпеченні оперативного збору даних про фактичні рівні цих факторів та їх подальшої обробки. Запропонована структурна схема комплексного моніторингу фізичних факторів виробничого середовища, що включає виконання завдань, спрямованих на виявлення випадків перевищення рівнів контрольованих факторів над гранично допустимими рівнями, а також формування даних, необхідних для вироблення обґрунтованих управлінських рішень.

Ключові слова: виробниче середовище, небезпечні і шкідливі фактори, фізичні фактори, передача інформації, адаптивні системи.

V.P. KALINCHUK, V.A. POBIGAYLO, V.V. KALINCHUK, O.V. BORYCHENKO, O.V. MEITA

A COMPLEX APPROACH TO MONITORING THE PHYSICAL FACTORS OF THE PRODUCTION ENVIRONMENT

It is shown that production safety in modern conditions is ensured only with constant assessment and effective control of production risks. The transition to information technology poses additional challenges to the technology of information preparation. The main requirement for the development of a management system for ensuring safe working conditions and occupational safety, built using modern information technologies, is to exclude incomplete information, which allows for the implementation of such an open management system that, in specific production conditions, would provide justification for management decisions based on the processing of available information. Moreover, the main core of such a system is a system for monitoring the physical factors of the production environment. An integrated approach to monitoring the physical factors of the production environment is substantiated. It is shown that the integrated approach consists in the mandatory consideration of all physical factors of the production environment available at the workplace, in ensuring prompt collection of data on the actual levels of these factors and their further processing. The author proposes a structural scheme for comprehensive monitoring of physical factors of the production environment, which includes the implementation of tasks aimed at identifying cases of excess of the levels of controlled factors over the maximum permissible levels, as well as the formation of data necessary for making sound management decisions.

Keywords: production environment, hazardous and harmful factors, physical factors, expert assessments.

Вступ. Безпека виробництва у сучасних умовах забезпечується тільки при постійній оцінці та ефективному контролі за виробничими ризиками, при своєчасному виробленні управлінських рішень та вжитті необхідних заходів на основі достовірної, своєчасної та повної інформації про об'єкт управління. Перехід до інформаційних технологій ставить додаткові завдання до технології підготовки інформації – це, зокрема, вибір методів аналізу, формалізацію інформації різномірної якості в єдиній системі, розробку на основі зідраної інформації алгоритмів, методик, математичних моделей, комплексне використання яких дозволяє обґрунтувати управлінські рішення зі зменшення виробничих ризиків.

Основною вимогою до розробки системи управління забезпечення безпечних умов і охорони праці, побудованої з використанням сучасних інформаційних технологій, є виключення неповноти необхідної інформації, що дозволяє реалізовувати таку відкриту систему управління, яка в конкретних виробничих умовах забезпечувала б обґрунтування управлінських рішень на основі обробки наявної інформації. Причому основним ядром такої системи є система моніторингу фізичних факторів виробничого середовища (ФФВС).

Метою роботи є обґрунтування комплексного підходу до проведення моніторингу фізичних факторів виробничого середовища.

Викладення основного матеріалу. Основне призначення системи моніторингу ФФВС полягає у забезпеченні систематичного контролю результатів спостереження, координації заходів, спрямованих на створення безпечних та нешкідливих умов праці на основі комплексного використання технічного, програмного і методичного забезпечення. Така система дає можливість отримувати інформацію про об'єкт спостереження (виробничу систему) та приймати обґрунтовані оперативні рішення з управління охороною праці.

Комплексний підхід полягає в обов'язковому врахуванні всіх ФФВС, що наявні на робочих місцях підприємства, у забезпеченні оперативного збору даних про фактичні рівні цих факторів та їх подальшої обробки. Результатом комплексного підходу є формування засобів управління виробничими ризиками на основі ефективних технічних та організаційно-управлінських рішень. Тобто, можна зробити висновок, що система моніторингу ФФВС призначена для інформаційного забезпечення таких функцій системи управління охороною праці (СУОП) як: облік, аналіз, оцінювання показників виробничого середовища, а також прогнозування рівнів факторів для обґрунтованого планування профілактичних заходів з охорони праці. Схема планування та реалізації заходів з охорони праці,

спрямованих на нормалізацію рівнів ФФВС, представлена на рис. 1.



Рис. 1. Схема планування та реалізації заходів з охорони праці, спрямованих на нормалізацію рівнів ФФВС

При цьому здійснюється планування та реалізація заходів, що спрямовані на забезпечення нормального функціонування технологічних процесів (обладнання), і, як наслідок, на приведення рівнів небезпечних та шкідливих виробничих факторів (НШВФ до вимог нормативних документів.

Моніторинг ФФВС пропонується розглядати як одну з основних функцій СУОП, яка спрямована на підвищення оперативності та якості реагування у сфері охорони праці на всіх рівнях контролю, дотримання норм, правил та режимів безпечного функціонування виробничої системи [1-4]. Залежно від кількісної характеристики (рівня, концентрації тощо) і тривалості впливу, ФФВС може стати шкідливим, а шкідливий виробничий фактор може стати небезпечним. Саме тому планування заходів з охорони праці здійснюється з метою зниження рівнів виявлених небезпечних та шкідливих виробничих факторів (НШВФ). При зборі вихідної інформації виникає задача визначення інтервалу контролю небезпечних та шкідливих факторів, який задовольняв би як вимогам моніторингу динаміки змін факторів виробничого середовища, так і вимогам управління рівнями небезпечних або шкідливих факторів.

Однією із основних функцій моніторингу є функція прогнозування тенденцій розвитку НШВФ. Причому, моделі прогнозування повинні бути уніфікованими і адаптивними до можливих змін контрольованих параметрів.

Завершальною функцією моніторингу є функція оцінки рівня впливу небезпечних і шкідливих виробничих факторів, яка включає в себе методологію оцінки ризиків, що спирається на визначенні рівнів шкідливого впливу факторів ризику і ступеня їх впливу на організм людини та комплексну оцінку факторів виробничого середовища.

Сучасні методи оцінки рівня впливу небезпечних і шкідливих виробничих факторів включають в арсенал своїх процедур і інструментів наступний їх набір: процедуру ідентифікації ризиків; методологію оцінки ризиків, що спирається на визначення рівнів шкідливого впливу факторів ризику і ступеня їх впливу на організм людини.

Методологія оцінки ризиків спрямована на встановлення залежності «шкідливий вплив – результат», що виражається в кінцевому підсумку у визначенні шкідливого впливу на конкретних працівників певних професійних груп.

Для формування складу НШВФ, що впливають на працюючих конкретного виробництва, в першу чергу необхідно провести аналіз виробничої системи.

Проведено аналіз основних технологічних процесів на підприємствах з вироблення скла і скляних виробів. Особливу увагу приділено процесам, які характеризуються наявністю НШВФ.

Використання комплексного підходу при виборі структури системи моніторингу ФФВС повинно забезпечувати: найбільш достовірну, оперативну і повну інформацію про перебіг процесів, пов'язаних зі станом умов і безпеки праці; здійснення постійного спостереження за станом охорони праці для своєчасного виявлення і аналізу змін, що сталися; попередження небажаних відхилень від установлених вимог; скорочення/запобігання можливих втрат за рахунок врахування ризиків.

Під комплексним підходом мається на увазі комплекс наукових, технічних, виробничих, соціально-економічних та інших заходів, взаємопов'язаних ресурсами і виконавцями, виконання яких забезпечує досягнення поставленої мети.

На сьогодні відсутній комплексний науково-технічний підхід до впровадження системи контролю та оцінки впливу ФФВС на працівників, не існує єдиного прозорого механізму побудови системи моніторингу небезпечних та шкідливих факторів [5]. Результати аналізу свідчать, що існуючі методики, засновані на використанні моніторингу ФФВС, забезпечують виконання ряду певних функцій, що недостатньо для комплексної оцінки стану охорони праці. При комплексному підході до вибору структури системи моніторингу проводиться поетапний аналіз: від визначення показників впливу, збору інформації, прогнозування тенденцій змін рівнів НШВФ, проведення системного аналізу та формування управлінських рішень.

Подальший розвиток підходу до моніторингу ФФВС пропонується на основі прогнозування змін значень НШВФ та визначення тривалості перевищення значень факторів гранично-допустимих рівнів (ГДР) або гранично-допустимої концентрації (ГДК). Передбачено виконання наступного комплексу завдань: визначення множини наявних на підприємстві ФФВС, які потребують контролю; збір даних про фактичні рівні виробничих факторів; моделювання динаміки змін значень ФФВС під час технологічного процесу; визначення інтервалів контролю для кожного з наявних факторів. Заключним етапом є формування даних, необхідних для вироблення обґрунтованого управлінського рішення.

Структурну схему системи моніторингу ФФВС представлено на рис. 2.



Рис. 2. Структурна схема системи моніторингу ФФВС

Комплексний підхід забезпечує раціональний вибір структури системи моніторингу, дозволяє прогнозувати та визначати основні тенденції змін рівнів НШВФ. Крім того, запропонований підхід повинен забезпечувати надання оперативних достовірних даних, необхідних для вироблення управлінських рішень, спрямованих на поліпшення умов праці.

Оскільки виконання поставлених завдань має багатоетапну і розгалужену схему, для їх вирішення необхідно використовувати комплекс математичних моделей, кожна з яких спрямована на вирішення своїх завдань, з метою їх компонування для досягнення поставленої мети - підвищення ефективності функціонування системи моніторингу ФФВС.

Рівень впливу фізичних факторів на працюючих може бути встановлений експертним шляхом, використовуючи, зокрема, відомий метод строгого ранжирування [6].

До експертного опитування залучаються спеціалісти, які мають необхідні знання та досвід у вирішенні подібних завдань. У даному випадку експерти повинні бути обізнаними з особливістю функціонування обладнання та технологічних процесів, що застосовуються на підприємстві з вироблення скла і скляних виробів, знати основні положення чинних нормативних документів щодо оцінки умов праці залежно від фактично визначених рівнів впливу факторів виробничого середовища і трудового процесу та з урахуванням їх можливої шкідливої дії на здоров'я працівників.

Обробка оцінок цих спеціалістів (експертів) починається із заповнення ними анкет. Анкета складається із ряду факторів, які розташовуються у рядках таблиці: x_1, x_2, \dots, x_n . Експертам пропонується присвоїти цим факторам номери (ранги) e_{ij} (e_{ij} - ранг i -го фактора, заданий j -м експертом). Після цього організатором експертного опитування складається зведена таблиця наступного виду (табл. 1).

Таблиця 1 – Результати рангової оцінки факторів експертами

Фактори	Експерти			Сума рангів для кожної альтернативи
	1	...	N	
x_1	e_{11}	...	e_{1n}	$\sum_{j=1}^n e_{1j}$
...
x_q	e_{q1}	...	e_{qn}	$\sum_{j=1}^n e_{qj}$
Контрольна сума рангів	$\frac{1}{2}q(q+1)$	$\frac{1}{2}q(q+1)$	$\frac{1}{2}q(q+1)$	-

Для обробки експертних оцінок використовується метод строгого ранжирування, який полягає в узагальненні оцінок експертів шляхом розташування факторів у порядку, що визначає рівень їх потенційної шкоди здоров'ю працюючих. Для цього складається матриця рангових оцінок. У цій матриці, при оцінці факторів у бальній системі, фактор який одержав найменший бал, визнається найбільш шкідливим і йому встановлюється найменше значення рангу $e_{ij} = 1$. Фактор, який одержав другу по величині балів оцінку, отримує значення рангу $e_{ij} = 2$ і т.д.

Сума рангів для кожного фактору, виставленими експертами) становить:

$$\sum_{j=1}^n e_{ij}$$

де $i = 1, \dots, q$, $j = 1, \dots, n$ називається критерієм ранжирування, відповідно до якого здійснюється сортування факторів за зростанням вказаного критерію. Отже, фактор, який одержав найбільшу суму рангів, вважається найбільш шкідливим.

На основі побудованої таблиці рангів проводиться аналіз оцінок експертів (перевірка погодженості). З цієї метою виконуються такі розрахунки.

Середньоарифметична сума рангів для кожного фактору:

$$\bar{e}_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n e_{ij}, \quad j = 1, \dots, q. \quad (1)$$

Загальна сума рангів по всій матриці:

$$e_c = \sum_{i=1}^q \sum_{j=1}^n e_{ij} = \frac{1}{2} n q (q+1). \quad (2)$$

Середня сума рангів для всіх факторів:

$$\bar{e} = \frac{e_c}{q} = \frac{1}{2} n (q+1). \quad (3)$$

Відхилення суми рангів i -го фактору від середньої суми рангів усіх факторів:

$$\Delta_i = \sum_{j=1}^n e_{ij} - \bar{e} = \sum_{j=1}^n e_{ij} - \frac{1}{2} n (q+1). \quad (4)$$

Сума квадратів відхилень від середньої величини:

$$S = \sum_{i=1}^q \Delta_i^2. \quad (5)$$

Максимально можливе значення суми квадратів відхилень суми рангів всіх факторів від загальної середньої

$$S_{\max} = \frac{1}{12} n^2 (q^3 - q). \quad (6)$$

Коефіцієнт конкордації (погодженості) оцінок експертів

$$W_n = \frac{S}{S_{\max}} = \frac{12S}{n^2 (q^3 - q)}, \quad 0 \leq W_n \leq 1. \quad (7)$$

Перевірка умов погодженості оцінок експертів:

$W_n = 1$ – оцінки всіх експертів збігаються;

$W_n = 0$ – експерти дали різні оцінки, тобто в оцінок експертів є повна неузгодженість.

Тобто, метод експертних оцінок – це фактично метод прогнозування, критерієм якого є досягнення згоди серед усіх членів експертної групи. Одержані методом експертних оцінок результати можуть бути використані для визначення впливу небезпечних та шкідливих факторів на персонал підприємства, оцінки заходів з поліпшення умов праці тощо.

Висновок. Основним методом оцінки професійного ризику є комплексна оцінка сукупного впливу всіх факторів виробничого середовища. існуючі системи моніторингу забезпечують виконання ряду певних функцій, що недостатньо для комплексної оцінки стану охорони праці. При комплексному підході до вибору структури системи моніторингу проводиться поетапний аналіз: від визначення показників впливу, збору інформації, прогнозування тенденцій розвитку шкідливих та небезпечних факторів до проведення системного аналізу. Розроблено структурну схему комплексного моніторингу ФФВС, що включає виконання завдань, спрямованих на виявлення випадків перевищення рівнів контрольованих факторів над гранично допустимими рівнями, а також формування даних, необхідних для вироблення обґрунтованих управлінських рішень.

Список літератури

1. Ткачук К. Н., Калінчик В. В. Моніторинг небезпечних факторів виробничої системи / Ткачук К. Н., Калінчик В. В. // Енергетика: економіка, технології, екологія. 2013 - № 2 - С. 66–70.
2. Ткачук К.Н. Моніторинг параметрів системи управління охороною праці / Ткачук К.Н., Калінчик В.В., Реброва Л.В. //

Проблеми охорони праці, промислової та цивільної безпеки: матеріали ІХ наук.-метод. конф., (з участю студентів). м. Київ, 12-13 листопада 2013 р. Київ : Основа. - 2013. С. 251–254.

3. Кружилко О. Є. Підвищення ефективності управління охороною праці на основі виявлення небезпек та оцінки ризиків виробничого травматизму / Кружилко О.Є., Сторож Я.Б., Ткалич І.М., Полукаров О.І. // Адаптивні системи автоматичного управління : міжв. наук.-техн. зб. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, – 2017. Вип. 2(31). – С. 38–45.
4. Ткачук К.Н. Комплексний підхід до побудови системи моніторингу небезпечних та шкідливих факторів виробничого середовища / Ткачук К. Н., Калінчик В. В. // Проблеми та перспективи розвитку науки на початку третього тисячоліття у країнах Європи та Азії : матеріали ХІІ міжнар. наук.-практ. інтернет-конф., м. Переяслав-Хмельницький. Ч. І. 2015. С. 143–145.
5. Калінчик В. В. Контроль небезпечних факторів виробничих систем / Калінчик В.В. // Матеріали ХІХ міжнар. наук.-практ. інтернет-конф. Проблеми та перспективи розвитку науки на початку третього тисячоліття у країнах СНД. м. Переяслав-Хмельницький, 2014. С. 260–262.
6. Ткачук К.Н. Застосування інформаційних систем в галузі охорони праці / Ткачук К.Н., Кружилко О.Є., Праховнік Н.А. // наук.-метод. посіб. Київ : Експодата, - 2004. - 186 с.

References (transliterated)

1. Tkachuk K.N., Kalinchyk V.V. Monitorynh nebezpechnykh faktoriv vyrobnychoi systemy. Enerhetyka: ekonomika, tekhnolohii, ekolohiia. 2013. No 2. Pp. 66–70.
2. Tkachuk K.N., Kalinchyk V.V., Rebrova L.V. Monitorynh parametrov upravlinnia okhoronoiu pratsi. Problemy okhorony pratsi, promyslovoi ta tsyvilnoi bezpeky: materialy IX nauk.-metod. konf., (z uchastiu studentiv). m. Kyiv, 12-13 lystopada 2013. Kyiv : Osnova. 2013. Pp. 251–254.
3. Kruzhylo O.Ye., Storozh Ya.B., Tkalych I.M., Polukarov O.I. Pdivyshchennia efektyvnosti upravlinnia okhoronoiu pratsi na osnovi vyivlennia nebezpek ta otsinky ryzykiv vyrobnychoho travmatyzmu. Adaptivni systemy avtomatychnoho upravlinnia : mizhv. nauk.-tehn. zb. Kyiv : KPI im. Ihoria Sikorskoho. 2017. Vol. 2(31). - Pp. 38–45.
4. Tkachuk K. N., Kalinchyk V. V. Kompleksnyi pidkhd do pobudovy systemy monitorynhu nebezpechnykh ta shkidlyvykh faktoriv vyrobnychoho seredovyshcha. Problemy ta perspektyvy rozvytku nauky na pochatku tretoho tysiacholittia u krainakh Yevropy ta Azii : materialy KhII mizhnar. nauk.-prakt. internet-konf., m. Pereiaslav-Khmelnyskiy. Ch. I. 2015. Pp. 143–145.
5. Kalinchyk V. V. Kontrol nebezpechnykh faktoriv vyrobnychykh system. Materialy KhIKh mizhnar. nauk.-prakt. internet-konf. Problemy ta perspektyvy rozvytku nauky na pochatku tretoho tysiacholittia u krainakh SND. m. Pereiaslav-Khmelnyskiy, 2014. Pp. 260–262.
6. Tkachuk K. N., Kruzhylo O. Ye., Prakhovnik N. A. Zastosuvannia informatsiynykh system v haluzi okhorony pratsi : nauk.-metod. posib. Kyiv : Ekspodata, 2004. 186 p.

Надійшла (received) 30.03.2024

Відомості про авторів / About the authors

Калінчик Василь Прокопович (Kalinchyk Vasyl Prokopovich) – кандидат технічних наук, доцент, Національний технічний університет України КПІ ім. Ігоря Сікорського, доцент кафедри електропостачання; м. Київ; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4028-0185>.

Побігайло Віталій Анатолійович (Pobigaylo Vitalii Anatoliievich) – кандидат технічних наук, доцент, Національний технічний університет України КПІ ім. Ігоря Сікорського, доцент кафедри електропостачання; м. Київ; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2673-7329>.

Калінчик Віталій Васильович (Kalinchyk Vitalii Vasylovych) – кандидат технічних наук, Національний технічний університет України КПІ ім. Ігоря Сікорського, старший викладач кафедри охорони праці та промислової та цивільної безпеки; м. Київ; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3931-646X>.

Бориченко Олена Володимирівна (Borychenko Olena Volodymyrivna) кандидат технічних наук, доцент, Національний технічний університет України КПІ ім. Ігоря Сікорського, доцент кафедри електропостачання; м. Київ; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6127-2945>.

Мейта Олександр Вячеславович (Meita Aleksandr Vyacheslavovich) – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри автоматизації електромеханічних та мехатронних комплексів, Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» м. Київ; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4132-5202>.