

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

ОБГРУНТУВАННЯ КОМПЛЕКСНОГО ПІДХОДУ ДО ПРОВЕДЕННЯ МОНІТОРИНГУ ФІЗИЧНИХ ФАКТОРІВ ВИРОБНИЧОГО СЕРЕДОВИЩА

В статті обгрунтовано використання комплексного підходу при виборі структури системи моніторингу небезпечних та шкідливих факторів виробничого середовища 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 скорочувати/запобігати можливим втратам за рахунок врахування ризиків. Розроблено структурну схему системи моніторингу фізичних факторів виробничого середовища, що включає виконання комплексу завдань, спрямованих на виявлення випадків перевищення рівнів контрольованих факторів над граничнодопустимими рівнями, а також формування даних, необхідних для вироблення обгрунтованого управлінського рішення.

Ключові слова: охорона праці, моніторинг, небезпечні і шкідливі фактори, комплексний моніторинг.

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

JUSTIFICATION OF A COMPREHENSIVE APPROACH TO MONITORING PHYSICAL FACTORS IN THE WORKING ENVIRONMENT

The article substantiates the use of a comprehensive approach when choosing the structure of a system for monitoring hazardous and harmful factors in the working environment, which should provide the most reliable, timely, and complete information about the course of processes related to working conditions and safety, continuous monitoring of occupational safety for the timely detection and analysis of changes that have occurred, preventing undesirable deviations from established requirements, and reducing/preventing possible losses by taking risks into account. A structural diagram of the system for monitoring physical factors in the production environment has been developed, which includes the implementation of a set of tasks aimed at identifying cases where controlled factors exceed maximum permissible levels, as well as the formation of data necessary for making informed management decisions.

Keywords: occupational safety, monitoring, hazardous and harmful factors, comprehensive monitoring.

Вступ. Безпека виробництва у сучасних умовах забезпечується тільки при постійній оцінці та ефективному контролю 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 зібраної інформації алгоритмів, методик, математичних моделей, комплексне використання яких дозволяє обгрунтувати управлінські рішення зі зменшення виробничих ризиків [1, 2].

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 обгрунтування управлінських рішень на основі обробки наявної інформації.

Причому основним ядром такої системи є система моніторингу фізичних факторів виробничого середовища (ФФВС) [3-6].

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 обгрунтовані оперативні рішення з управління охороною праці. х графіків, інформаційних систем моделювання та прогнозування для управління електроспоживанням.

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

Викладення основного матеріалу. 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 обгрунтованого планування профілактичних заходів з охорони праці. Схема планування та реалізації заходів з охорони праці, спрямованих на нормалізацію рівнів ФФВС, представлена на рис. 1.

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

© Бориченко О.В., Побігайло В.А., Калінчик В.П., Калінчик В.В., Мейта О.В., 2026



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

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 [7-10]. 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 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 небезпечних та шкідливих факторів. 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 [11]. 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-допустимих концентрацій (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.

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.

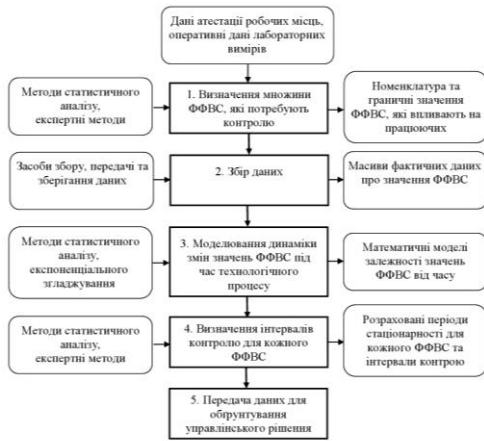


Рис. 2. Структурна схема системи моніторингу ФФВС

Рівень впливу фізичних факторів на працюючих може бути встановлений експертним шляхом, використовуючи, зокрема, відомий метод строгого ранжирування [12].

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).

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: $\sum_{i=1}^n e_{ij}$ (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 табл. 1 рангів проводиться аналіз оцінок експертів (перевірка погодженості). З цією метою виконуються такі розрахунки.

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 | $\frac{1}{2}q(q+1)$ | $\frac{1}{2}q(q+1)$ | $\frac{1}{2}q(q+1)$ | – |

Середньоарифметична сума рангів для кожного фактору:

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

Загальна сума рангів по всій матриці:

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

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

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

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.

Висновки. Показано, що моніторинг небезпечних та шкідливих факторів – одна з основних функцій системи управління охороною праці, яка спрямована на

підвищення оперативності реагування у сфері охорони праці на всіх рівнях контролю, дотримання норм, правил та режимів безпечного функціонування виробничої системи. Розроблено структурну схему системи моніторингу ФФВС, що включає виконання комплексу завдань, спрямованих на виявлення випадків перевищення рівнів контрольованих факторів над гранично-допустимими рівнями, а також формування даних, необхідних для вироблення обґрунтованого управлінського рішення.

Список літератури

1. Г. Гогіташвілі. Системи управління охороною праці: навч. Посібник. - Л.: Афіша, 2002. - 320 с.
2. Кружилко О.Є. Інформаційно-аналітична підтримка прийняття рішень з управління наглядовою діяльністю (на прикладі вугільної галузі). Проблеми охорони праці в Україні. – К., ННДІПБОП, 2010. – Вип. 18. – С. 75-84.
3. Таірова Т. М. Методологічні засади моніторингу виробничого травматизму [Електронне видання] Монографія. – К.: «Основа». 2014. – 201 с.
4. Глива В.А., Левченко Л.О. Моніторинг шкідливих факторів довкілля - економічний аспект. Вестник НТУ "ХПІ", - 2009. № 16. – С.25-30.
5. В.І. Голінько, С.І. Чеберячко, М.В. Шибка, О.В. Яворська. Моніторинг умов праці: підручник. М-во освіти і науки України; Нац. гірн. ун-т. – 2-ге вид. – Д.: НГУ, 2014. – 230 с.
6. В.А. Глива. Неперервний моніторинг фізичних параметрів середовища при експлуатації автоматизованих систем [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://www.kpi.kharkov.ua/archive/vestnik/>.
7. Ткачук К.Н., Калінчик В.В. Моніторинг небезпечних факторів виробничої системи. Енергетика: економіка, технології, екологія. - 2013. - № 2. - С. 66–70.
8. Ткачук К.Н., Калінчик В.В., Реброва Л.В. Моніторинг параметрів системи управління охороною праці. 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.
9. Кружилко О.Є., Сторож Я.Б., Ткалич І.М., Полукаров О.І. Підвищення ефективності управління охороною праці на основі виявлення небезпек та оцінки ризиків виробничого травматизму. Адаптивні системи автоматичного управління : між. наук.-техн. зб. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, – 2017. – Вип. 2(31). – С. 38–45.
10. Ткачук К.Н., Калінчик В.В. Комплексний підхід до побудови системи моніторингу небезпечних та шкідливих факторів виробничого середовища. Проблеми та перспективи розвитку науки на початку третього тисячоліття у країнах Європи та Азії : матеріали XII міжнародної науково-практичної інтернет-конференції. м. Переяслав-Хмельницький. Ч. І. 2015. С. 143–145.
11. Калінчик В.В. Контроль небезпечних факторів виробничих систем. Матеріали XIX міжнародної науково-практичної інтернет-конференції. Проблеми та перспективи розвитку науки на початку третього тисячоліття у країнах СНД. м. Переяслав-

Хмельницький, – 2014. – С. 260–262.

12. Ткачук К.Н., Кружилко О.Є., Праховник Н.А. Застосування інформаційних систем в галузі охорони праці : науково - методичний посібник. – Київ : Эксподата, – 2004. – 186 с.

References (transliterated)

1. H. Hohitashvili. Systemy upravlinnia okhoronoiu pratsi: navch. posibnyk. - L. : Afisha, 2002. - 320 p.
2. Kruzhylo O.Ie. Informatsiino-analitychna pidtrymka pryiniattia rishen z upravlinnia nahliadovoiu diialnistiu (na prykladi vuhilnoi haluzi). Problemy okhorony pratsi v Ukraini. – K., NNDIPBOP, 2010. – Vyp. 18. – Pp. 75-84.
3. Tairova T. M. Metodolohichni zasady monitorynhu vyrobnychoho travmatyzmu [Elektronne vydannia] Monohrafiia. T. M. Tairova. – K.: «Osnova». 2014.– 201 p.
4. Hlyva V.A., Levchenko L.O. Monitorynh shkidlyvykh faktoriv dovkillia - ekonomichnyi aspekt. Vestnyk NTU "KhPI", - 2009. No 16. – Pp.25-30.
5. V.I. Holinko, S.I. Cheberiachko, M.V. Shybka, O.V. Yavorska. Moni-torynh umov pratsi: pidruchnyk. M-vo osvity i nauky Ukrainy; Nats. hirn. un-t. – 2-he vyd. – D.: NHU, 2014. – 230 p.
6. V.A. Hlyva. Nepererivnyi monitorynh fizychnykh parametriv sere-dovyshcha pry ekspluatatsii avtomatyzovanykh system [Elektronnyi resurs] – Режим доступу: <http://www.kpi.kharkov.ua/archive/vestnik/>.
7. Tkachuk K.N., Kalinchyk V.V. Monitorynh nebezpechnykh faktoriv vyrobnychoi systemy. Enerhetyka: ekonomika, tekhnolohii, ekolohii. - 2013. - No 2. - Pp. 66–70.
8. Tkachuk K.N., Kalinchyk V.V., Rebrova L.V. Monitorynh parametriv systemy upravlinnia okhoronoiu pratsi. Problemy okhorony pratsi, promyslovoi ta tsyvilnoi bezpeky : materialy IX nauk.-metod. konf., (z uchastiu studentiv). m. Kyiv, 12-13 lystopada 2013 r. Kyiv : Osnova, 2013. Pp. 251–254.
9. Kruzhylo O.Ie., Storozh Ya.B., Tkalych I.M., Polukarov O.I. Pid-vyshchennia efektyvnosti upravlinnia okhoronoiu pratsi na osnovi vyjavlennia nebezpek ta otsinky ryzykiv vyrobnychoho travmatyzmu. Adaptivni systemy avtomatychnoho upravlinnia : mizhv. nauk.-tekhn. zb. Kyiv : KPI im. Ihoria Sikorskoho, – 2017. – Vyp. 2(31). – Pp. 38–45.
10. Tkachuk K.N., Kalinchyk V.V. Kompleksnyi pidkhid do pobudovy systemy monitorynhu nebezpechnykh ta shkidlyvykh faktoriv vyrobnychoho sere-dovyshcha. Problemy ta perspektyvy rozvytku nauky na pochatku tretoho tysiacholittia u krainakh Yevropy ta Azii : materialy KhII mizhnarodnoi naukovy-praktychnoi internet-konferentsii. m. Pereiaslav-Khmelnyskiy. Ch. I. 2015. Pp. 143–145.
11. Kalinchyk V.V. Kontrol nebezpechnykh faktoriv vyrobnychkh system. Materialy KhKh mizhnarodnoi naukovy-praktychnoi internet-konferentsii. Problemy ta perspektyvy rozvytku nauky na pochatku tretoho tysiacholittia u krainakh SND. m. Pereiaslav-Khmelnyskiy, – 2014. – Pp. 260–262.
12. Tkachuk K.N., Kruzhylo O.Ie., Prakhovnik N.A. Zastosuvannia informatsiinykh system v haluzi okhorony pratsi : naukovy - metodychnyi posibnyk. – Kyiv : Ekspodata, – 2004. – 186 p.

Надійшла (Received) 04.04.2026

Прийнята (Accepted) 24.04.2026

Опублікована (Published) 30.04.2026

Відомості про авторів / About the authors

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

Побігайло Віталій Анатолійович (Pobigaylo Vitalii Anatolievich) – 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 Василь Прокопович (Kalinchyk Vasyi Prokopovich) – кандидат технічних наук, професор, Національний технічний університет України КПІ ім. Ігоря Сікорського, доцент кафедри електропостачання; м. Київ, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4028-0185>.

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>.

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>.