

**КАЛІНЧИК В. П.**, канд. техн. наук, доцент

**КАЛІНЧИК В. В.**, канд. техн. наук

**ПОБІГАЙЛО В. А.**, канд. техн. наук, доцент

**ТИСЯЧНИЙ С. Г.**, магістр

Національний технічний університет України «КПІ імені Ігоря Сікорського»,  
м. Київ

## **ПОБУДОВА СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ ФІЗИЧНИХ ЧИННИКІВ ВИРОБНИЧОГО СЕРЕДОВИЩА**

**Анотація.** У статті розглянуті принципи побудови системи моніторингу на основі комплексного підходу до структури контролю шкідливих та небезпечних виробничих чинників. Показано, що суть системи моніторингу полягає у взаємозв'язку технічного, програмного і методичного забезпечення з необхідністю взаємного контролю результатів спостереження, корегування практичних дій у сфері безпеки та охорони праці. Показано, що моніторинг небезпечних та шкідливих чинників — одна з основних функцій системи управління охороною праці, 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.

**Ключові слова.** Охорона праці, моніторинг, фізичні чинники, управління, виробнича система.

**Abstract.** The paper describes the principles of building a monitoring system based on a comprehensive approach to the structure of hazards control systems. The essence of the monitoring system is in the interrelation of technical, software and methodological support with the need for mutual control of the observation results, correction of practical actions in the field of safety and labor protection. It is shown that dangerous and harmful factors monitoring is one of the main functions of the occupational and health safety, which aims at improving the efficiency and quality of response in the field of occupational safety at all levels of control, compliance with the rules and safe functioning's regimes of the production system.

**Keywords.** Labor protection, monitoring, physical factors, management, production system.

**Вступ.** У систему аналізу та оцінки умов праці на підприємствах входить визначення фактичних значень небезпечних та шкідливих чинників на робочих місцях. При атестації робочих місць за умовами праці оцінці підлягають всі небезпечні і шкідливі чинники (НШВФ): фізичні, хімічні, біологічні, важкість і напруженість праці. Проте існуючі методики атестації робочих місць не дозволяють судити про зміну параметрів НШВФ і, відповідно, про зміни умов праці в період між плановими атестаціями.

**Метою роботи** є удосконалення структури управління охороною праці за рахунок ефективного моніторингу небезпечних та шкідливих чинників виробничого середовища.

**Викладення основного матеріалу.** Основною вимогою до розробки системи управління забезпечення безпечних умов і охорони праці є виключення неповноти взаємозв'язків необхідної інформації і розв'язуваних всередині завдань, що дозволяє реалізовувати таку відкриту систему управління, яка в даних умовах давала б можливість реалізовувати цільові функції безпеки та охорони праці. Причому основним ядром такої системи є система моніторингу небезпечних та шкідливих чинників виробничого середовища (рисунк 1).

Суть системи моніторингу небезпечних та шкідливих чинників полягає у взаємозв'язку технічного, програмного і методичного забезпечення з необхідністю взаємного контролю результатів спостереження, корегування практичних дій у сфері безпеки та охорони праці. Така система дає можливість отримувати інформацію стосовно об'єкту дослідження — виробничої системи, внаслідок чого, приймати оперативні рішення з управління охороною праці.

Аналізуючи питання охорони праці можна стверджувати, що завдання управління виробничими ризиками вимагає як технічних, так і організаційно-управлінських рішень [1–4]. Серед завдань, які потребують детального аналізу є питання комплексного аналізу, моніторингу та розробки моделей і засобів системи управління охороною праці. Застосування комплексного підходу до оцінювання функціонування систем управління у сфері охорони праці потребує системного контролю. Під комплексним підходом розуміється планувальний комплекс наукового-технічних, виробничих та соціально-економічних взаємопов'язаних заходів, виконання яких забезпечує досягнення поставленої мети [5].

Комплексний підхід повинен включати в себе складову аналізу вихідних даних. Результатом комплексного підходу є форму-

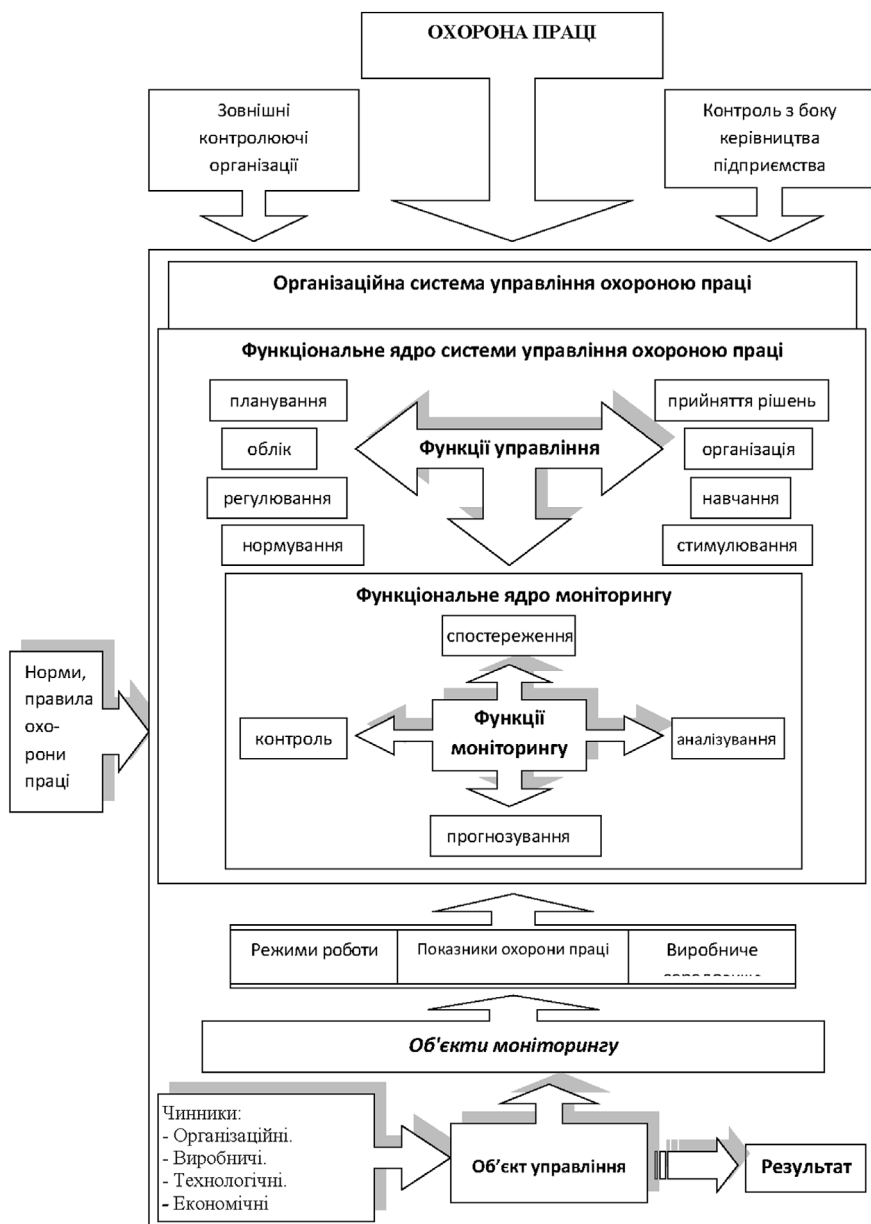


Рисунок 1. Функціональна модель системи управління охороною праці

вання засобів управління виробничими ризиками на основі ефективних технічних та організаційно-управлінських механізмів.

Отже, моніторинг небезпечних та шкідливих чинників – одна з основних функцій системи управління охороною праці, 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 [4, 8].

Структурна схема задач моніторингу небезпечних та шкідливих чинників за умов комплексного підходу показана на рисунку 2.

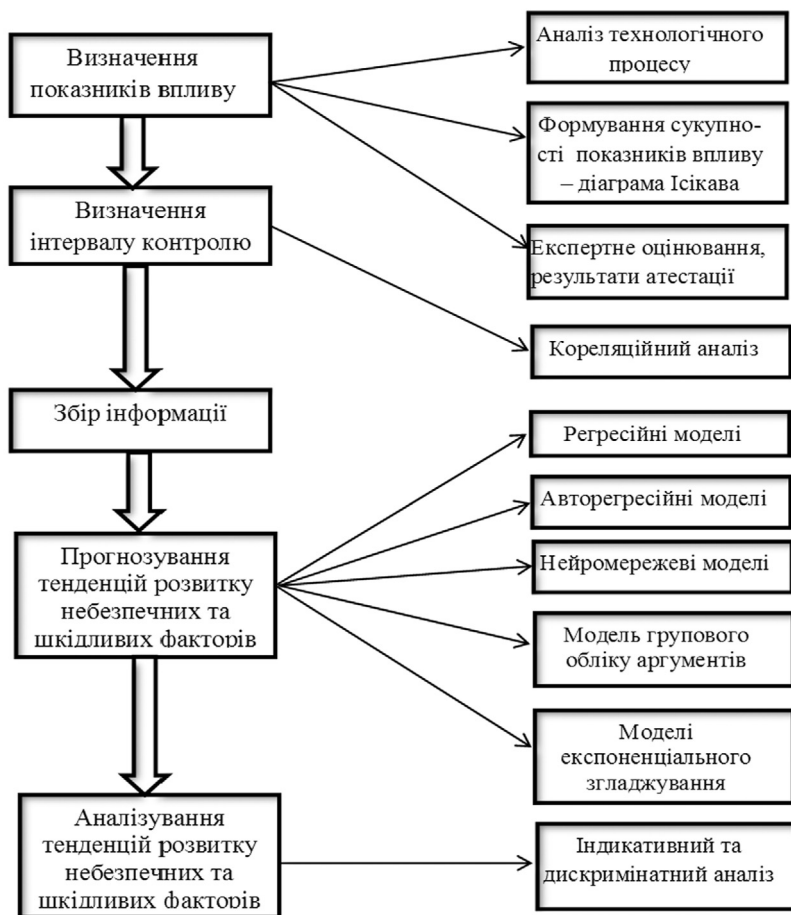


Рисунок 2. Структурна схема задач моніторингу за умов комплексного підходу

Формування показників впливу на рівень ефективності охорони праці потребує механізму оцінювання. Поставлену задачу дозволяє здійснити графічна модель емпіричного аналізу, а саме діаграма Ісікави [6, 7]. На цьому етапі відбувається аналіз за наступними кроками:

а) підбір показників, які характеризують проблемну ситуацію. Виявлення базисних (основних) показників, які характеризують сутність проблеми, яка вирішується;

б) виявлення показників, які є цільовими. Виявлення чинників, які безпосередньо мають вплив на завдання яке вирішується;

в) групування показників по блоках (складові цільових показників). Об'єднуються в один блок показники, які характеризують завдання, що є загальним для даного цільового показника.

При зборі вихідної інформації виникає задача визначення інтервалу контролю небезпечних та шкідливих чинників, який задовольняв би як вимогам моніторингу динаміки змін чинників виробничого середовища, так і вимогам управління рівнями небезпечних або шкідливих чинників.

Однією із основних функцій моніторингу є функція прогнозування тенденцій розвитку небезпечних та шкідливих чинників. В той же час прогнозування безпеки настання нещасних випадків на виробництві є обов'язковою складовою частиною в системі управління охороною праці виробничої системи, що дає можливість планування необхідних заходів щодо запобігання таких випадків. Звідси виникає задача розроблення моделей прогнозування, побудованих з використанням достатньо простих алгоритмів, ефективно працюючих в умовах невизначеної і недостатньої інформації.

Причому, моделі прогнозування повинні бути уніфікованими і адаптивними до можливих змін контрольованих параметрів [9,10].

Крім того виникає необхідність впровадження уніфікованих методів і методик побудови математичного та програмного забезпечення для виявлення, розпізнавання та ідентифікації небезпечних чинників, заснованого на методах математичного моделювання та прогнозування.

На даний момент налічується більше 100 класів моделей прогнозування [11]. Всі методи прогнозування поділяються на дві групи: інтуїтивні та формалізовані [12].

Інтуїтивне прогнозування застосовується в тих завданнях, коли об'єкт прогнозування або занадто простий, або, навпаки, дуже складний, тому неможливо врахувати вплив зовнішніх факторів.

До інтуїтивним методів належать методи історичних аналогій, експертних оцінок, передбачення за зразком [12].

Формалізовані методи можуть бути розділені на статистичні та структурні моделі прогнозування.

Суть статистичних моделей полягає в тому, що аналітично задаються як зовнішні фактори, так і функціональна залежність між майбутніми та фактичними значеннями часового ряду. Статистичні моделі представлені такими групами і використовуються в роботах:

— *регресійні моделі*. Регресійний аналіз використовується для вирішення безлічі завдань в прогнозуванні, де потрібні вивчення відносини між двома і більше змінними [13]. Мета такого аналізу є визначення залежності між вихідної змінної і безліччю зовнішніх регресорів. Для визначення коефіцієнтів регресії можуть бути використані, як метод найменших квадратів [14], так і метод максимальної правдоподібності [15].

— *авторегресійні моделі*. До авторегресійних моделей належать моделі часових рядів, в яких залежність між значенням часового ряду в даний момент часу і попередніми значеннями цього ж ряду лінійна. Найбільш часто для аналізу часових рядів використовується авторегресійна модель ковзного середнього [12, 16, 17].

— *моделі експоненціального згладжування*. Даний клас моделей один з найпростіших, тому найчастіше використовується в практиці для вирівнювання часового ряду. Суть моделі полягає в тому, що прогнозні значення постійно переглядаються при надходженні нових фактичних даних. У міру старіння спостережень модель експоненціального згладжування надає їм експоненціально спадні ваги, тому минулі спостереження мають менший вплив на прогнозні значення в порівнянні з останніми доступними даними [18–23].

Моделі, в яких функціональна залежність між майбутніми та фактичними значеннями часового ряду, як і зовнішніми факторами, задана структурно, відносяться до групи структурних моделей. Вони представлені такими групами, як нейромережеві моделі, моделі на базі ланцюгів Маркова, моделі на базі класифікаційно-регресійних дерев [24–26].

Переваги тих чи інших методів прогнозування визначаються в основному часовими характеристиками програм і точністю прогнозів. При цьому можна показати, що експоненціальне згладжування, метод авторегресії для одновимірних процесів зводяться один до іншого, і можна знайти відповідні співвідношення між

дисперсією шуму динаміки в моделі авторегресії і параметром згладжування в методі експоненціального згладжування. Тому точність названих методів навряд чи буде істотно відрізнятися. Тим часом з точки зору простоти реалізації, часу розрахунку, з огляду на вимоги, що пред'являються до методу прогнозування, на перше місце слід поставити адаптивні методи прогнозування, зокрема модель експоненціального згладжування.

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 і комплексну оцінку факторів виробничого середовища.

Для створення такої системи необхідно використання відповідного математичного апарату, який дозволить вирішити поставлені завдання.

Комплексний підхід забезпечує раціональні підходи до питання вибору проектів структури системи моніторингу, забезпечувати прогноз показників для визначення основних тенденцій розвитку шкідливих та небезпечних факторів. Підхід повинен забезпечувати обґрунтований вибір проектів для початкового впровадження, враховуючи економічні та технологічні критерії.

Оскільки виконання поставлених цілей і завдань має багаторівневу 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 небезпечних та шкідливих факторів виробничого середовища.

**Висновок.** Моніторинг фізичних чинників виробничого середовища є однією з основних функцій системи охорони праці, заснований на зборі фактичного матеріалу, мета якого полягає в одержанні певної інформації про об'єкт дослідження та спрямований на дотримання норм, правил та режимів безпечного функціонування виробничої системи, виконання запланованих заходів і дій, дотримання встановлених значень показників. На даний момент не існує єдиного прозорого механізму побудови системи моніторингу небезпечних та шкідливих факторів, а існуючі системи моніторингу забезпечують виконання ряду певних функцій, що недостатньо для комплексної оцінки стану охорони праці. Запро-

поновано комплексний підхід до структури моніторингу шкідливих та небезпечних чинників, відмінною рисою якого є поетапний процес оцінки стану виробничого об'єкту, який включає визначення, збір та аналіз тенденцій розвитку шкідливих та небезпечних чинників виробничого середовища

### Література

1. Содержание категории «мониторинг социально-экономических и экологических процессов» [Электронный ресурс] / Г. В. Бушмелева. — Режим доступа : [www.bali.ostu.ru/umc/zj2006\\_2.php](http://www.bali.ostu.ru/umc/zj2006_2.php).
2. Природопользование. Словарь-справочник. [ред.-упоряд. Н. Ф. Реймерс]. — М.: Мысль, 1990. — 639 с.
3. Сладкова О. Б. Информационный мониторинг: теоретико — методолог. основы [Текст]: Учеб. пособие . Москва: МГУКИ, 2001. — 65 с.
4. Т. М. Таірова. Методологічні засади моніторингу виробничого травматизму. Київ: Основа. 2014. 201 с.
5. Словарь по кибернетике / Под редакцией В. С. Михалеви-ча. 2-е издание. Київ: 1989. 751 с.
6. Басовский Л. Е., Протасьев В. Б. Управление качеством. Москва: ИНФРА-М, 2001. 212 с.
7. Свиткин М. З. Группы качества на машиностроительных предприятиях. Ленинград: Машиностроение. Ленингр. Отд-ние, 1988. 141 с.
8. Ткачук К. Н. Калінчик В. В. Моніторинг небезпечних факторів виробничої системи. Енергетика: економіка, технологія, екологія. 2013. № 2. С. 66–70.
9. Калинчик В. П. Обобщенная модель оперативного прогнозирования режимов электропотребления / Калинчик В. П., Федосенко Н. Н., Калинчик В. В. / Енергетика: економіка, технології, екологія — 2006. — № 1. — С. 31–33.
10. Калінчик В. В. Моделі та методи прогнозування параметрів системи управління охороною праці / НТУУ «КПІ» Н.-д. ін-т автоматики та енергетики «Енергія». — Київ, 2011. — 22 с.: — Бібліогр.: 26 назв. — Укр. — Деп. в ДНТБ України 19.05.11, № 25 — Ук — 2011.
11. Тихонов Э. Е. Методы прогнозирования в условиях рынка: учебное пособие/ Э.Е. Тихонов — Невинномысск : Северо-Кавказский ГТУ, 2006. — 221 с. — ISBN 5895710778
12. Чучуева И. А. Модель прогнозирования временных рядов по выборке максимального подобия : дис. ... канд. тех. наук:



05.13.18 / Чучуева И. А. — Москва, 2012. — 153 с.

13. Draper N. R. Applied Regression Analysis / N. R. Draper, H. Smith // Wiley-Interscience. — Third edition. — 1998. — 736 p. — ISBN 978-0471170822.

14. Линник Ю. В. Метод наименьших квадратов и основы математико-статистической теории обработки наблюдений / Ю. В. Линник. — М. : ФИЗМАТЛИТ, 1958. — 336 с.

15. Магнус Я. Р. Эконометрика. Начальный курс: Учеб. — 8-е изд., испр./ Я. Р. Магнус, П. К. Катышев, А. А. Пересецкий. — М. : Дело, 2007. — 504 с.

16. Бокс Дж. Анализ временных рядов, прогноз и управление / Дж. Бокс, Г. Дженкинс; пер. А. Л. Левшин; ред. В. Ф. Писаренко. — Москва : Мир, 1974. — 406 с.

17. Brockwell P. J. Time Series: Theory and Methods (2nd ed.) / P. J. Brockwell, R. A. Davis. — New York : Springer, 2009. — 273 p.

18. Brown R. G. Exponential Smoothing for Predicting Demand. Cambridge / R. G. Brown, A. D. Little. — Massachusetts: Arthur D. Little Inc., 1956. — 15 p.

19. Лукашин Ю. П. Адаптивные методы краткосрочного прогнозирования временных рядов. — Москва: Финансы и статистика, 2003. 415 с. — ISBN 5-279-02740-5.

20. Holt C. C. Forecasting seasonals and trends by exponentially weighted moving averages / Holt C. C. — Carnegie Institut of Technology, Pittsburg, Pennsylvania. — 1957. — 412 p.

21. Winters P. R. Forecasting sales by exponentially weighted moving averages / P. R. Winters // Management Science. — 1960. — Vol. 6. — № 3.

22. Чуев Ю. В., Михайлов Ю. Б., Кузьмин В. И. Прогнозирование количественных характеристик и процессов. Москва: Сов. радио, 1975. 400 с.

23. Ткачук К. Н., В. В. Калінчик В. В. Прогнозування як складова функція системи моніторингу небезпечних та шкідливих факторів виробничого середовища // Збірник наукових праць. Матеріали III Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції «Проблеми та перспективи розвитку сучасної науки в країнах Європи та Азії» — Переяслав-Хмельницький. — 2018. — С. 25–27.

24. Круглов В. В., Борисов В. В. Искусственные нейронные сети. Теория и практика. — 2-е изд., стереотип. — М.: Горячая линия — Телеком, 2002. — 382 с.

25. Kalman R. E. New results in linear filtering and predication theory/ Kalman R. E., Bucy R. S // J. Of Basic Eng. Trans. ASME – 1960. – № 60. – P. 51–91.

26. Ивахненко А.Г. Обзор задач, решаемых по алгоритмам Метода Группового Учета Аргументов (МГУА) [Электронный ресурс] / А. Г. Ивахненко, Г. А. Ивахненко // Режим доступа: <http://www.gmdh.net/articles/rus/obzorrad.pdf>

***Інформація про авторів:*** Побігайло В. А.

E-mail: [pobigaylo@gmail.com](mailto:pobigaylo@gmail.com); +38(067)468-08-22.