

## ВИКОРИСТАННЯ МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ДЛЯ ПОЛІПШЕННЯ УМОВ ПРАЦІ НА МЕТАЛУРГІЙНИХ ПІДПРИЄМСТВАХ

*Кружилко О. Є., д-р. техн. наук, проф., Репін М. В., канд. техн. наук. (каф. БПОД ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТПОЛІТЕХНІКА»);  
Дроник Т. В., Кравчук І. В., студ. (гр. 263-24-1М, ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА»)*

**Анотація.** Розглянуто підхід до використання математичного моделювання для оцінки та нормалізації умов праці на металургійних підприємствах. Запропоновано методичний підхід до аналізу впливу факторів виробничого середовища на здоров'я працівників, а також визначено можливості оптимізації технологічних процесів з метою зменшення шкідливих впливів. Результати моделювання використані для розробки обґрунтованих заходів з поліпшення умов праці, що дозволяє підвищити ефективність системи управління охороною праці.

**Ключові слова:** математичне моделювання, умови праці, шкідливий виробничий фактор, охорона праці, металургійне підприємство.

**Abstract.** The approach to using mathematical modeling to assess and normalize working conditions at metallurgical enterprises is considered. A methodological approach to analyzing the impact of production environment factors on the health of workers is proposed, and opportunities for optimizing technological processes to reduce harmful effects are also identified. The modeling results are used to develop justified measures to improve working conditions, which allows increasing the effectiveness of the occupational safety management system.

**Keywords:** mathematical modeling, working conditions, harmful production factor, occupational safety, metallurgical enterprise.

**Вступ.** Металургійна галузь є однією з найбільш небезпечних сфер промисловості з погляду умов праці. Характерні виробничі фактори: високі температури, шкідливі випари, підвищений рівень шуму та вібрацій, які зумовлюють підвищені ризики для здоров'я та життя працівників. У зв'язку з цим ефективне управління охороною праці потребує застосування сучасних наукових підходів, методів аналізу та прогнозування, які дозволяють не лише мінімізувати небезпеки, але й створити системну модель безпечного виробництва.

**Аналіз стану питання.** Питання забезпечення безпечних умов праці на підприємствах металургії залишається одним із ключових у системі соціального захисту працівників. Статистика Держпраці України засвідчує, що щороку в металургійній галузі трапляються десятки нещасних випадків, частина з яких має летальні наслідки [1]. Ефективне управління охороною праці не може здійснюватися без наукової підтримки шляхом залучення інструментів системного аналізу, математичного моделювання, експертних оцінок ризиків, а

також цифрових технологій. Таким чином, наукове обґрунтування рішень в сфері охорони праці стає необхідною умовою розвитку підприємств металургійної галузі.

Питання поліпшення умов праці традиційно займає одне з провідних місць у сфері охорони праці. Умови праці суттєво впливають не лише на здоров'я та працездатність працівників, а й на економічні показники підприємства. Протягом десятиліть були сформовані традиційні підходи до планування заходів щодо покращення умов праці, які базуються на нормативно-правовій базі, аналізі шкідливих та небезпечних виробничих факторів, а також використанні превентивних методів управління ризиками [2].

Традиційне планування заходів з поліпшення умов праці ґрунтується на виявленні та дослідженні шкідливих виробничих факторів (ШВФ). Основою планування є проведення атестації робочих місць за умовами праці, лабораторні дослідження та гігієнічна оцінка. Фінансове планування передбачає виділення коштів у кошторисі підприємства на реалізацію заходів з охорони праці, відповідно до ст. 19 Закону України «Про охорону праці» (витрати на охорону праці становлять не менше 0,5 відсотка від фонду оплати праці за попередній рік).

До основних традиційних заходів, що застосовуються на підприємствах, належать:

- покращення вентиляції та мікроклімату виробничих приміщень;
- механізація та автоматизація трудомістких процесів;
- заміна шкідливих матеріалів на менш небезпечні або безпечні аналоги;
- покращення освітлення, шумоізоляція, екранування робочих місць;
- забезпечення працівників засобами індивідуального захисту (ЗІЗ).

Ці заходи, як правило, мають комплексний характер та спрямовані на усунення або зменшення дії небезпечних факторів. Тобто, традиційні підходи до планування заходів з поліпшення умов праці залишаються основою системи охорони праці на більшості підприємств. Вони базуються на нормативних вимогах, аналізі шкідливих факторів і фінансовому забезпеченні. Водночас сучасні тенденції управління ризиками вимагають переходу до інтегрованих систем управління, які поєднують традиційні методи з новітніми підходами – зокрема, використанням методів математичного моделювання та методів оцінки ризиків, зокрема HAZOP, RCA, FMEA та інших.

**Мета роботи:** розробка рекомендацій з практичного застосування результатів математичного моделювання для обґрунтування заходів з поліпшення умов праці на металургійному підприємстві на основі.

**Методики, матеріали і результати досліджень.** Для побудови математичної моделі рекомендовано використання методів статистичного аналізу, що включає багатофакторний аналіз факторів виробничого середовища (температура, концентрація шкідливих речовин, рівень шуму тощо) [3]. Як інструмент моделювання застосовано метод регресійно-кореляційного аналізу.

Використовувалися дані, зібрані на одному з металургійних підприємств України.

Розроблено математичні моделі небезпечних виробничих факторів (шум, вібрація, запиленість, вологість), використання яких дозволило виявити найбільш впливові фактори на стан здоров'я працівників. Було створено сценарії впровадження технічних заходів (вентиляція, локалізація джерел забруднення, заміна обладнання) та оцінено їх вплив на загальний індекс умов праці.

Встановлено, що різні ШВФ мають різну тривалість періоду стаціонарності, що пов'язано з особливостями технологічних процесів виробництва. Використання результатів математичного моделювання досліджуваних факторів оцінено динаміку зміни ШВФ протягом робочої зміни. Для кожного з виявлених факторів розраховано інтервали стаціонарності, що дозволило суттєво зменшити кількість вимірів значень ШВФ протягом робочої зміни. Математичні моделі прогнозу ШВФ (вібрація, шум, запиленість, відносна вологість), які мають точність понад 90 % і можуть бути використані в процесі планування заходів з поліпшення умов праці на підприємстві. За результатами моделювання проведено обґрунтоване планування заходів зі зниження рівню ШВФ. Зокрема, для зниження рівня вібрації та шуму рекомендовано монтаж спеціальних захисних екранів, внесення змін до технологічних процесів та організації роботи обладнання, акустичну обробку приміщень спеціальними облицювальними матеріалами. Також рекомендовано встановити додаткові системи вентиляції у гарячих цехах, впровадити графік ротації працівників для зменшення часу перебування у зонах дії ШВФ. Розроблені заходи дозволяють зменшити вплив шкідливих факторів на 10 ... 20 % залежно від типу цеху та специфіки виробничих процесів. Крім того, моделювання дозволило провести порівняльний аналіз вартості впровадження заходів і очікуваного ефекту щодо зменшення професійних ризиків.

**Висновки.** Наукова підтримка управління охороною праці на підприємствах металургійної галузі є важливим чинником підвищення безпеки праці, ефективності виробництва та соціальної відповідальності підприємств. Інтеграція наукових підходів, інноваційних технологій та методів математичного моделювання сприяє формуванню якісно нової моделі управління, орієнтованої на збереження життя та здоров'я працівників.

## Література

1. Державна служба України з питань праці. URL: <https://dsp.gov.ua>
2. Гуменна О.В. Методи управління ризиками у сфері охорони праці. Вісник НТУУ «КПІ». 2021. №55. С. 38–43.
3. O. Kruzhilko, N. Volodchenkova, V. Maystrenko, B. Bolibrukh, V. Kalinchyk, A. Zakora, A. Feshchenko, S. Yeremenko. Mathematical modelling of professional risk at Ukrainian metallurgical industry enterprises. Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering 2021; 108 (1): 35-41.