

УДК 331.45:004

DOI <https://doi.org/10.32782/2787-5137-2024-2>

**Оксана Василівна МАРУНЧАК,**  
викладач вищої категорії,  
Відокремлений структурний підрозділ  
Кам'янець-Подільський фаховий коледж,  
Навчально-реабілітаційний заклад вищої освіти  
«Кам'янець-Подільський державний інститут»  
E-mail: marunchak1972@gmail.com

## ІННОВАЦІЙНІ ПІДХОДИ ДО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗПЕКИ ПРАЦІ В УМОВАХ ЦИФРОВОЇ ТРАНСФОРМАЦІЇ

*У сучасних умовах стрімкого розвитку цифрових технологій питання забезпечення безпеки праці набуває нового значення. Традиційні методи охорони праці стають менш ефективними в умовах цифровізації виробництва та управління. Інноваційні підходи, такі як автоматизовані системи моніторингу, інформаційні системи управління ризиками та використання віртуальної реальності для навчання, стають ключовими елементами сучасних стратегій забезпечення безпеки праці. Впровадження автоматизованих систем моніторингу дозволяє оперативно відстежувати небезпечні умови праці, ідентифікувати потенційні ризики та вживати швидких заходів для їх усунення. Ці системи оснащені сенсорами та аналітичним програмним забезпеченням, здатні забезпечити більш високий рівень безпеки, ніж традиційні методи.*

*Метою дослідження є визначення ефективності впровадження інноваційних підходів до забезпечення безпеки праці в умовах цифрової трансформації у закладах вищої освіти.*

*Наукова новизна цієї статті полягає у впровадженні інноваційних підходів до забезпечення безпеки праці в умовах цифрової трансформації, що включає автоматизовані системи моніторингу, інформаційні системи управління ризиками та використання технологій віртуальної реальності (VR) для навчання працівників. Використання мікроконтролерів ESP-32 для збору даних з різних сенсорів, що передаються на сервер через HTTPS, забезпечує ефективний контроль за виробничими процесами. Інтеграція даних з різних джерел для комплексного аналізу та прийняття рішень дозволяє ефективно планувати заходи з охорони праці та відстежувати їх виконання. Аналітика великих даних допомагає виявляти тренди та передбачати потенційні небезпеки. Використання VR-технологій для навчання працівників створює реалістичні моделі робочих середовищ та небезпечних ситуацій, що покращує засвоєння знань і навичок.*

*Впровадження інноваційних підходів до забезпечення безпеки праці в умовах цифрової трансформації є необхідним кроком для підвищення ефективності та безпеки виробничих процесів. Автоматизовані системи моніторингу, інформаційні системи управління ризиками та використання VR-технологій для навчання створюють нові можливості для забезпечення безпечних умов праці та зниження рівня професійних ризиків. Ці інноваційні методи дозволяють швидко реагувати на небезпечні умови, ефективно планувати заходи безпеки та підвищувати рівень обізнаності працівників, що в кінцевому результаті сприяє покращенню загального рівня безпеки на підприємствах.*

**Ключові слова:** *техніка безпеки, автоматизовані системи, інформаційні системи, VR.*

**Oksana Vasylivna MARUNCHAK,**  
Lecturer of the Highest Category,  
Separate Structural Subdivision  
Kamianets-Podilskyi Professional College,  
Educational and Rehabilitation Institution of Higher Education  
"Kamianets-Podilskyi State Institute"  
E-mail: marunchak1972@gmail.com

## INNOVATIVE APPROACHES TO ENSURING LABOR SAFETY IN THE CONTEXT OF DIGITAL TRANSFORMATION

*In the modern context of rapid digital technology development, the issue of labor safety is acquiring new significance. Traditional methods of occupational safety become less effective under the conditions of production and management digitalization. Innovative approaches, such as automated monitoring systems, risk management information systems, and the use of virtual reality for training, are becoming key elements of modern strategies for ensuring labor safety. The implementation of automated monitoring systems allows for the prompt tracking of hazardous working conditions, identifying potential risks, and taking quick measures to eliminate them. These systems are equipped with sensors and analytical software capable of providing a higher level of safety than traditional methods.*

*The purpose of the study is to determine the effectiveness of implementing innovative approaches to ensuring labor safety in the context of digital transformation in higher education institutions.*

*The scientific novelty of this article lies in the implementation of innovative approaches to ensuring labor safety in the context of digital transformation, which includes automated monitoring systems, risk management information systems, and the use of virtual reality (VR) technologies for employee training. The use of ESP-32 microcontrollers to collect data from various sensors, transmitted to the server via HTTPS, ensures effective control over production processes. The integration of data from various sources for comprehensive analysis and decision-making allows for effective planning of occupational safety measures and tracking their implementation. Big data analytics helps identify trends and predict potential hazards. The use of VR technologies for employee training creates realistic models of working environments and hazardous situations, improving the acquisition of knowledge and skills.*

*The implementation of innovative approaches to ensuring labor safety in the context of digital transformation is a necessary step to improve the efficiency and safety of production processes. Automated monitoring systems, risk management information systems, and the use of VR technologies for training create new opportunities for ensuring safe working conditions and reducing professional risks. These innovative methods allow for a quick response to hazardous conditions, effective planning of safety measures, and increasing employee awareness, which ultimately contributes to the improvement of overall safety levels in enterprises.*

**Key words:** *safety engineering, automated systems, information systems, VR.*

**Вступ.** У сучасних умовах стрімкого розвитку цифрових технологій питання забезпечення безпеки праці набуває нового значення. Традиційні методи охорони праці стають менш ефективними в умовах цифровізації виробництва та управління. Інноваційні підходи, такі як автоматизовані системи моніторингу, інформаційні системи управління ризиками, та використання віртуальної реальності для навчання стають ключовими елементами сучасних стратегій забезпечення безпеки праці.

Впровадження автоматизованих систем моніторингу дозволяє оперативно відстежувати небезпечні умови праці, ідентифікувати потенційні ризики та вживати швидких заходів для їх усунення. Ці системи, оснащені сенсорами та аналітичним програмним забезпеченням, здатні забезпечити більш високий рівень безпеки, ніж традиційні методи.

Інформаційні системи управління ризиками забезпечують інтегрований підхід до управління безпекою праці, об'єднуючи дані з різних джерел для комплексного аналізу та прийняття рішень. Вони дозволяють більш ефективно планувати заходи з охорони праці та відстежувати їх виконання, що сприяє зниженню кількості нещасних випадків та професійних захворювань.

Використання віртуальної реальності для навчання працівників з питань безпеки праці відкриває нові можливості для підвищення їх обізнаності та підготовки. VR-технології дозволяють моделювати небезпечні ситуації у безпечному середовищі, що сприяє кращому засвоєнню знань та навичок.

**Метою дослідження** є визначення ефективності впровадження інноваційних підходів до забезпечення безпеки праці в умовах цифрової трансформації у закладах вищої освіти. Основні завдання включають:

- 1) аналіз сучасних методів та технологій, що використовуються для забезпечення безпеки праці;
- 2) дослідження впливу автоматизованих систем моніторингу та управління ризиками на рівень безпеки працівників і студентів;
- 3) оцінку ефективності використання VR-технологій для навчання з охорони праці;
- 4) розробку рекомендацій щодо впровадження цих інноваційних підходів у практику закладів вищої освіти для підвищення безпеки та покращення умов праці.

**Наукова новизна** цієї статті полягає у впровадженні інноваційних підходів до забезпечення безпеки праці в умовах цифрової трансформації, що включає автоматизовані системи моніторингу, інформаційні системи управління ризиками та використання технологій віртуальної реальності (VR) для навчання працівників. Основні аспекти новизни полягають у такому:

1. Автоматизовані системи моніторингу:
  - використання мікроконтролерів ESP-32 для збору даних з різних сенсорів (температура, вологість, тиск), що передаються на сервер через HTTPS та доступні з будь-якого пристрою через веб-браузер;
  - застосування мікросервісної архітектури для легкої розширюваності та віддаленого доступу до даних моніторингу, що забезпечує ефективний контроль за виробничими процесами.

## 2. Інформаційні системи управління ризиками:

- інтеграція даних з різних джерел для комплексного аналізу та прийняття рішень, що дозволяє ефективно планувати заходи з охорони праці та відстежувати їх виконання;
- використання аналітики великих даних для виявлення трендів та передбачення потенційних небезпек, що дозволяє розробляти проактивні заходи для їх запобігання.

## 3. Використання технологій віртуальної реальності (VR):

- створення детальних та реалістичних моделей робочих середовищ та небезпечних ситуацій для підвищення обізнаності працівників;
- навчання працівників у безпечному середовищі, що дозволяє краще засвоювати знання та навички без ризику для здоров'я.

## 4. Комплексний підхід до забезпечення безпеки праці:

- розробка рекомендацій щодо впровадження інноваційних підходів у практику закладів вищої освіти, що сприяє зниженню рівня професійних ризиків та покращенню умов праці.

Ці аспекти новизни підтверджують, що впровадження інноваційних технологій у систему безпеки праці в умовах цифрової трансформації не лише покращує загальний рівень безпеки, але й відкриває нові можливості для підвищення ефективності виробничих процесів.

**Виклад основного матеріалу.** Сучасний світ активно використовує автоматизовані системи моніторингу для підвищення ефективності та безпеки виробництва. Зменшення участі людини у виробничих процесах вимагає надійних систем, що швидко реагують на порушення. Використання мікроконтролерів ESP-32 дозволяє збирати дані з датчиків вологості, температури, тиску та перешкод, що передаються на сервер через HTTPS. Ці системи доступні з будь-якого пристрою через веб-браузер та використовують мікросервісну архітектуру для легкого розширення. Віддалений доступ до даних моніторингу забезпечує ефективний контроль за виробничими процесами [7–9].

Для виробництва харчових продуктів важливо контролювати кліматичні умови, швидкість виготовлення та тиск. Датчики зчитують відповідні дані, які передаються на сервер для аналізу та реагування на критичні відхилення. Розроблена система дозволяє зберігати та аналізувати дані в реальному часі, що покращує безпеку та ефективність виробництва [3].

Такі системи забезпечують ефективний контроль за виробничими процесами, зберігаючи та аналізуючи дані, що сприяє підвищенню безпеки та ефективності виробництва. Сучасні технології допомагають інтегрувати інформаційні та комунікаційні системи з виробничими пристроями, що підвищує точність і швидкість реагування на виробничі виклики [4].

Впровадження автоматизованих систем моніторингу дозволяє оперативно відстежувати небезпечні умови праці, ідентифікувати потенційні ризики та вживати швидких заходів для їх усунення. Ці системи оснащені сенсорами та аналітичним програмним забезпеченням, здатні забезпечити більш високий рівень безпеки, ніж традиційні методи. Наприклад, використання мікроконтролерів ESP-32 дозволяє збирати дані з датчиків вологості, температури, тиску та інших параметрів, які передаються на сервер через HTTPS, забезпечуючи доступність з будь-якого пристрою через веб-браузер.

Таблиця 1

## Аналіз сучасних методів та технологій забезпечення безпеки праці

Метод/Технологія	Опис	Переваги
Автоматизовані системи моніторингу	Використання сенсорів для відстеження параметрів середовища (температура, вологість, рівень газів), надання оперативних сповіщень у реальному часі.	Безперервна робота та точні дані в реальному часі.
Інформаційні системи управління ризиками	Інтеграція даних з різних джерел для комплексного аналізу та прийняття рішень, що допомагає ефективно планувати заходи з охорони праці та відстежувати їх виконання.	Ефективне планування та відстеження заходів безпеки, проактивне запобігання небезпекам.
Мобільні додатки	Дозволяють працівникам швидко отримувати інформацію про безпеку, повідомляти про небезпечні ситуації та доступ до інструкцій з безпеки.	Швидкий доступ до інформації про безпеку та повідомлення про небезпечні ситуації.

Продовження таблиці 1

Аналітика великих даних	Аналіз інцидентів та виявлення трендів для передбачення потенційних небезпек та розробки проактивних заходів.	Прогнозуюча аналітика для проактивного запобігання небезпекам.
Віртуальна реальність	Застосування Х/І-технологій для навчання працівників, моделюючи небезпечні ситуації у безпечному середовищі.	Реалістичні тренувальні сценарії без ризику для здоров'я.

У таблиці 1 описано методи та технології забезпечення безпеки праці, включаючи автоматизовані системи моніторингу, інформаційні системи управління ризиками, мобільні додатки, аналітику великих даних та віртуальну реальність (VR) [10].

Інформаційні системи управління ризиками забезпечують інтегрований підхід до управління безпекою праці, об'єднуючи дані з різних джерел для комплексного аналізу та прийняття рішень. Вони дозволяють більш ефективно планувати заходи з охорони праці та відстежувати їх виконання, що сприяє зниженню кількості нещасних випадків та професійних захворювань. Завдяки аналітиці великих даних можна виявляти тренди та передбачати потенційні небезпеки, що дозволяє розробляти проактивні заходи для їх запобігання [1].

Таблиця 2

**Оцінка ефективності використання VR-технологій для навчання з охорони праці**

Параметр	Опис	Переваги
Реалістичність навчання	Створення детальних і реалістичних моделей робочих середовищ та небезпечних ситуацій.	Краще розуміння ризиків та правильних дій у надзвичайних ситуаціях.
Зниження ризиків	Навчання без ризику для здоров'я працівників, особливо важливо для небезпечних умов.	Практика без реального ризику, важлива для роботи з небезпечними матеріалами.
Підвищення залученості	Інтерактивність і захопливість процесу підвищують залученість працівників.	Краще засвоєння матеріалу завдяки активному залученню.
Можливість повторного навчання	Необмежені повторення навчальних сесій без додаткових витрат.	Працівники можуть тренуватися до впевненості у своїх діях.
Персоналізація навчання	Адаптація програм до потреб кожного працівника, врахування рівня знань і досвіду.	Підвищення ефективності навчання завдяки індивідуальному підходу.
Оцінка знань та навичок	Можливість відстеження і оцінки дій працівників у реальному часі.	Негайний зворотний зв'язок і коригування навчального процесу.

У таблиці 2 наведено аналіз ефективності використання VR-технологій для навчання з охорони праці. Вона описує ключові параметри, включаючи реалістичність навчання, зниження ризиків, підвищення залученості працівників, можливість повторного навчання, персоналізацію навчальних програм та оцінку знань і навичок. Кожен параметр супроводжується описом та зазначеними перевагами, такими як краще розуміння ризиків, практика без реального ризику, активне залучення працівників, безмежні можливості для тренувань, індивідуальний підхід та негайний зворотний зв'язок [5–7].

Використання віртуальної реальності (VR) для навчання працівників з питань безпеки праці відкриває нові можливості для підвищення їх обізнаності та підготовки. VR-технології дозволяють моделювати небезпечні ситуації у безпечному середовищі, що сприяє кращому засвоєнню знань та навичок. Наприклад, створення детальних і реалістичних моделей робочих середовищ та небезпечних ситуацій дозволяє працівникам краще розуміти ризики та правильні дії у надзвичайних ситуаціях [2].

У блок-схемі описано послідовність кроків для впровадження інноваційних підходів у закладах вищої освіти з метою підвищення безпеки та покращення умов праці (рис. 1).

**Висновки.** Впровадження інноваційних підходів до забезпечення безпеки праці в умовах цифрової трансформації є необхідним кроком для підвищення ефективності та безпеки виробничих процесів. Автоматизовані системи моніторингу, інформаційні системи управління ризи-





**Рис. 1. Послідовність кроків для впровадження інноваційних підходів**

ками та використання VR-технологій для навчання створюють нові можливості для забезпечення безпечних умов праці та зниження рівня професійних ризиків. Ці інноваційні методи дозволяють швидко реагувати на небезпечні умови, ефективно планувати заходи безпеки та підвищувати рівень обізнаності працівників, що в кінцевому результаті сприяє покращенню загального рівня безпеки на підприємствах.

#### Література:

1. Білоус І.І. Поняття соціальної безпеки та її роль в системі національної безпеки держави. *Ефективна економіка*. 2019. № 3. URL: <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=6955>. DOI: 10.32702/2307-2105-2019.3.41.
2. Білоус І.І. Поняття соціальної безпеки та її роль в системі національної безпеки держави. URL: <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=6955>.
3. Доронін І.М. Цифровий розвиток та національна безпека у контексті правових проблем. *Інформація і право*. 2019. № 1. С. 29–36.
4. Електронний документообіг: пам'ятка для роботодавця від Держпраці. URL: <https://www.kadrovik.ua/novyny/elektronnyj-dokumentobig-pam-yatka-dlya-robotodavtsya-vid-derzhpratsi>.
5. Електронний документообіг: пам'ятка для роботодавця від Держпраці. URL: <https://www.kadrovik.ua/novyny/elektronnyj-dokumentobig-pam-yatka-dlya-robotodavtsya-vid-derzhpratsi>.
6. Корольков В.В., Дейкун О.М. Система державного адміністрування національної економічної безпеки України. URL: <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=8422>.
7. Мотайло О.В. Система національної безпеки держави. URL: <https://pag-journal.iei.od.ua/archives/2020/16-2020/32.pdf>.
8. Роль хмарних обчислень у зберіганні даних електронного навчання. URL: <https://cluelabs.com/blog/роль-хмарних-обчислень-у-зберіганні-д/>.
9. Східне міжрегіональне управління Державної служби України з питань праці. URL: <https://smu.dsp.gov.ua/news/iak-stvoryty-elektronnyi-dokumentobih-v-systemi-upravlinnia-okhoronoiu-pratsi>.
10. Центральне міжрегіональне управління Державної служби з питань праці. URL: <https://kyiv.dsp.gov.ua/novyny/pratsivnykam-kotelni-pro-vymohy-bezpeky-pratsi-pid-chas-ekspluatatsii-posudyn-shcho-pratsiuiut-pid-tyskom/>.

#### References:

1. Bilous, I.I. (2019). Ponjattja social'noni bezpeky ta yiyi roly v systemi nacional'noyi bezpeky derzhavy [The Concept of Social Security and Its Role in the State's National Security System]. *Efektivna ekonomika*. № 3. Retrieved from: <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=6955>. DOI: 10.32702/2307-2105-2019.3.41 [in Ukrainian].
2. Bilous, I.I. Ponjattja social'noyi bezpeky ta yiyi rol' v systemi nacional'noyi bezpeky derzhavy [The Concept of Social Security and Its Role in the National Security System of the State]. Retrieved from: <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=6955> [in Ukrainian].
3. Doronin, I.M. (2019). Cyfrovij rozvytok ta nacional'na bezpeka u konteksti pravovyh problem [Digital Development and National Security in the Context of Legal Issues]. *Informacija i pravo*. № 1. S. 29–36 [in Ukrainian].

4. Elektronnyj dokumentoobig: pam'jatka dlja robotodavcja vid Derzhpraci. Retrieved from: <https://www.kadrovik.ua/novyny/elektronnyj-dokumentoobig-pam-yatka-dlya-robotodavtsya-vid-derzhpratsi> [in Ukrainian].

5. Elektronnyj dokumentoobig: pam'jatka dlja robotodavcja vid Derzhpraci. Retrieved from: <https://www.kadrovik.ua/novyny/elektronnyj-dokumentoobig-pam-yatka-dlya-robotodavtsya-vid-derzhpratsi> [in Ukrainian].

6. Korol'kov, V.V., Dejkun, O.M. Systema derzhavnogo administruvannja nacional'noyi ekonomichnoyi bezpeky Ukrainy [Electronic Document Management: A Guide for Employers from the State Labor Service]. Retrieved from: <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=8422> [in Ukrainian].

7. Motajlo, O.V. Systema nacional'noyi bezpeky derzhavy [The National Security System of the State]. Retrieved from: <https://pag-journal.iei.od.ua/archives/2020/16-2020/32.pdf> [in Ukrainian].

8. Rol' hmarnyh obchyslen' u zberiganni danyh elektronnoho navchannja [The Role of Cloud Computing in the Storage of E-Learning Data]. Retrieved from: <https://cluelabs.com/blog/rol'-hmarnyh-obchyslen'-u-zberiganni-d/> [in Ukrainian].

9. Shidne mizhregional'ne upravlinnja Derzhavnnoi sluzhby Ukrainy z pytan' pratsi [East Interregional Directorate of the State Labor Service]. Retrieved from: <https://smu.dsp.gov.ua/news/iak-stvoryty-elektronnyi-dokumentobih-v-systemi-upravlinnia-okhoronoiu-pratsi> [in Ukrainian].

10. Central'ne mizhregional'ne upravlinnja Derzhavnnoi sluzhby z pytan' pratsi [Central Interregional Directorate of the State Labor Service]. Retrieved from: <https://kyiv.dsp.gov.ua/novyny/pratsivnykam-kotelni-pro-vymohy-bezpeky-pratsi-pid-chas-ekspluatatsii-posudyn-shcho-pratsiuit-pid-tyskom> [in Ukrainian].