

## ТЕМА 9. ВИКОРИСТАННЯ VR/AR-ТЕХНОЛОГІЙ ТА ЦИФРОВИХ ТРЕНАЖЕРІВ ДЛЯ НАВЧАННЯ І ПІДГОТОВКИ ПЕРСОНАЛУ З БЕЗПЕКИ ПРАЦІ

*Роль віртуальної та доповненої реальності у підвищенні ефективності навчання з охорони праці; можливості цифрових тренажерів для відпрацювання дій у небезпечних та аварійних ситуаціях без ризику для життя і здоров'я; методи імітаційного моделювання та інтерактивних сценаріїв; переваги VR/AR-технологій у формуванні практичних навичок реагування на виробничі ризики; зарубіжний та вітчизняний досвід застосування цифрових симуляцій у підготовці персоналу до дотримання правил безпеки.*

### 9.1. Роль VR/AR у підвищенні ефективності навчання з охорони праці

#### 1. Зміна підходу до навчання

Традиційні методи (лекції, інструктажі, відеоуроки) здебільшого носять **пасивний характер**. Працівник отримує інформацію, але не завжди може відпрацювати практичні дії. VR/AR-технології переводять процес навчання у **активний формат**: працівник занурюється в симульоване середовище, взаємодіє з об'єктами, приймає рішення та бачить наслідки своїх дій.

#### 2. Ефект занурення (immersive learning)

- **VR (віртуальна реальність):** повне занурення у цифрове середовище (наприклад, пожежа в цеху або аварія на хімічному заводі).
- **AR (доповнена реальність):** накладання інструкцій та попереджень на реальні об'єкти (наприклад, підказки під час огляду обладнання).

Це створює **ефект присутності**, коли навчання максимально наближене до реальних умов.

#### 3. Практичність і безпечність

У VR/AR можна **відтворювати небезпечні або рідкісні ситуації**, які в реальності неможливо безпечно змодельовати: вибухи, витік хімікатів, пожежі, аварії на транспорті.

Працівник тренується діяти в умовах стресу, але без ризику для життя та здоров'я.

Це особливо важливо для галузей з високим рівнем небезпеки: металургія, енергетика, хімічна промисловість, гірничодобувна сфера.

#### **4. Ефективність засвоєння знань**

За дослідженнями, засвоєння матеріалу у VR/AR на 30–40% вище, ніж у класичних методах.

Працівники не лише читають інструкцію, а й **проживають сценарій**, що формує стійкі навички.

Елемент **gamification (ігрові механіки)** підвищує мотивацію до навчання.

#### **5. Оцінка результатів**

VR/AR-тренажери дозволяють:

- автоматично відстежувати дії працівника;
- фіксувати час реакції, правильність послідовності дій;
- формувати індивідуальні звіти та карти компетенцій.

Таким чином, оцінка стає **об'єктивною і прозорою**, на відміну від паперових тестів.

#### **6. Приклади застосування**

**BASF (Німеччина):** VR-тренінги з відпрацювання дій у випадку витоку хімічних речовин.

**Shell (Великобританія):** VR-симуляції евакуації з нафтових платформ.

**Hyundai Heavy Industries (Південна Корея):** AR-окуляри, що підказують інженерам алгоритми безпечної перевірки обладнання.

**Україна:** впровадження VR-тренажерів для навчання шахтарів і металургів у навчальних центрах великих підприємств.

**7. Порівняння з традиційним навчанням**

| Критерій           | Традиційні методи           | VR/AR-методи                      |
|--------------------|-----------------------------|-----------------------------------|
| Формат             | Лекції, інструктажі         | Інтерактивні симуляції            |
| Засвоєння знань    | 20–30%                      | 60–70%                            |
| Практичні навички  | Обмежені (імітації, макети) | Повноцінне відпрацювання дій      |
| Безпечність        | Часткове відтворення ризику | Повна відсутність ризику          |
| Мотивація          | Низька, формальний підхід   | Висока, завдяки ігровим елементам |
| Оцінка результатів | Суб'єктивна (тести, анкети) | Автоматизована, прозора           |

**9.2. Можливості цифрових тренажерів для відпрацювання дій у небезпечних та аварійних ситуаціях****1. Безпечне середовище для навчання**

Цифрові тренажери дозволяють відпрацювати **реальні аварійні сценарії без ризику для життя і здоров'я працівників.**

Навчання у віртуальному середовищі виключає можливість травм, але зберігає **емоційний і психологічний ефект** від пережитої ситуації.

**2. Відтворення аварійних сценаріїв**

**Пожежа на виробництві.** Працівник вчиться користуватися вогнегасниками, вибирати безпечний шлях евакуації.

**Витік хімічних речовин.** Симуляція дій із захисними костюмами та локалізація джерела загрози.

**Вибух чи аварійна зупинка обладнання.** Відпрацювання правильних кроків: відключення агрегатів, виклик служби порятунку.

**Аварії на транспорті.** Навчання правильному алгоритму дій у випадку ДТП чи сходу з рейок.

**3. Навчання евакуації**

Працівники відпрацьовують вихід із будівель чи цехів у різних умовах: дим, обвал конструкцій, відключення електроенергії.

Можливе створення **альтернативних маршрутів**, де працівник вчиться знаходити оптимальний вихід.

У VR можна тренувати навіть **масову евакуацію** з урахуванням поведінки інших людей.

#### **4. Робота з обладнанням**

Тренажери дають змогу ознайомитися з небезпечними механізмами (преси, турбіни, доменні печі) **без контакту з ними у реальності**.

Працівник може вивчити послідовність операцій, правила безпеки та наслідки неправильних дій.

Це особливо актуально для **нових працівників та стажерів**.

#### **5. Психологічна підготовка**

Цифрові тренажери допомагають адаптувати людину до роботи у стресових ситуаціях.

Працівники, які проходять VR-тренування, у реальності діють **спокійніше й швидше**, бо вже «переживали» подібну ситуацію.

#### **6. Адаптивність і персоналізація**

Рівень складності можна змінювати: від базових завдань (знайди шлях евакуації) до складних сценаріїв (одночасна пожежа і витік газу).

Можлива **персоналізація** тренажерів: для шахтаря, металурга, будівельника чи енергетика.

#### **7. Приклади практики**

**BASF (Німеччина):** VR-тренажери з реагування на аварійні витoki небезпечних речовин.

**ArcelorMittal (Україна):** цифрові симуляції для навчання діям під час аварій у металургійних цехах.

**Shell:** VR-симуляції евакуації з нафтових платформ.

**Будівельна галузь України:** AR-тренажери для безпечної роботи на висоті.

### 8. Переваги використання цифрових тренажерів

- Повне усунення ризику під час навчання.
- Можливість багаторазового повторення одного й того ж сценарію.
- Автоматична оцінка правильності дій.
- Підготовка до рідкісних, але критичних подій.
- Формування командної взаємодії: тренування можуть проходити одночасно кілька працівників.

Отже, цифрові тренажери забезпечують **реалістичне та безпечне відпрацювання дій у кризових ситуаціях**, підвищуючи готовність персоналу до реальних інцидентів і формуючи культуру відповідальної поведінки на виробництві.

## 9.3. Методи імітаційного моделювання та інтерактивних сценаріїв

### 1. Сценарне навчання (Scenario-based learning)

У VR/AR-середовищі створюються **сюжетні лінії**, які відтворюють розвиток аварійної ситуації.

Дії працівника безпосередньо впливають на перебіг подій:

- правильний вибір → уникнення аварії;
- помилкові рішення → погіршення ситуації.

Такий метод підвищує відповідальність і формує **критичне мислення** у небезпечних умовах.

*Приклад:* симуляція пожежі в цеху: якщо працівник неправильно вибрав вогнегасник чи шлях евакуації, ситуація у VR стає ще складнішою.

### 2. Рольові симуляції (Role-playing simulations)

У моделюванні беруть участь **кілька працівників одночасно**, виконуючи різні ролі (оператор, рятувальник, керівник зміни).

Це дозволяє тренувати **командну взаємодію** та координацію дій у надзвичайних ситуаціях.

*Приклад:* VR-сценарій вибуху газу, де один працівник відповідає за зупинку обладнання, інший — за евакуацію людей, третій — за виклик аварійних служб.

### **3. Імітація рідкісних або критичних ситуацій**

У реальних умовах такі навчання практично неможливі через високий ризик або великі витрати.

VR/AR дозволяє безпечно моделювати:

- вибухи,
- хімічні катастрофи,
- аварії на транспорті,
- масштабні евакуації.

*Приклад:* у хімічній промисловості відпрацьовується алгоритм дій при витокі аміаку — ситуація, яку неможливо створити у реальному тренуванні.

### **4. Інтерактивні сценарії з елементами адаптивності**

Система аналізує дії працівника і змінює складність завдання:

- якщо дії правильні → сценарій спрощується,
- якщо працівник робить помилки → додаються нові фактори ризику.

Це дозволяє персоналізувати навчання і підвищувати **стійкість до стресу**.

*Приклад:* під час симуляції пожежі додається задимлення або відключення світла, якщо працівник затримується з евакуацією.

### **5. Мультимодальні симуляції**

Поєднання кількох каналів сприйняття:

- зорових (візуалізація у VR/AR),
- звукових (сирени, вибухи, команди колег),

- тактильних (вібрація контролерів чи спецобладнання).

Завдяки цьому формується **максимально реалістичний досвід**, близький до реальних умов.

#### **6. Автоматична оцінка та аналітика**

Кожен сценарій у VR/AR-тренажері має **систему моніторингу дій** працівника.

Фіксуються:

- правильність виконаних дій,
- послідовність,
- час реакції,
- кількість помилок.

На основі цього формуються **персональні рекомендації** щодо підвищення кваліфікації.

#### **Переваги використання імітаційного моделювання**

- Реалістичність і наближення до реальних умов.
- Можливість тренувати як **індивідуальні**, так і **командні навички**.
- Безпечність і відсутність ризику травм.
- Гнучкість у побудові сценаріїв (від простих до комплексних).
- Об'єктивність оцінки результатів.

### **9.4. Переваги VR/AR-технологій у формуванні практичних навичок реагування на виробничі ризики**

#### *Повна безпечність навчання*

Працівники можуть тренуватися у відтворених аварійних сценаріях без ризику для життя і здоров'я.

Небезпечні ситуації (пожежа, вибух, витік хімічних речовин, аварійна зупинка обладнання) відпрацьовуються у **віртуальному середовищі**, що виключає реальні загрози.

#### *Формування рефлексивних дій*

Повторне проходження VR-сценаріїв дозволяє виробити **автоматичні реакції** на небезпечні ситуації.

У реальності це допомагає скоротити час прийняття рішень і зменшити кількість помилок у стресових умовах.

#### *Реалістичність і занурення*

VR-тренажери передають ефект **присутності у критичній ситуації** (дим, вогонь, шум, вібрації).

AR-технології дозволяють накладати цифрові інструкції безпосередньо на робоче середовище: працівник бачить підказки під час перевірки обладнання чи евакуації.

#### *Різноманітність сценаріїв*

Можливість тренуватися у **рідкісних або унікальних аварійних подіях**, які неможливо відтворити в реальних умовах.

Наприклад: витік аміаку, вибух газу у шахті, масштабна аварія на електростанції.

#### *Командна взаємодія*

VR/AR дозволяє одночасно залучати кілька учасників, які виконують різні ролі (оператор, рятувальник, диспетчер).

Це розвиває **навіки координації та комунікації** під час надзвичайних ситуацій.

#### **Економічність**

Традиційні навчання (наприклад, пожежні тренування) вимагають значних витрат на обладнання, матеріали та організацію.

VR/AR дозволяє багаторазово повторювати тренування без додаткових витрат.

#### **Об'єктивна оцінка результатів**

Цифрові тренажери автоматично фіксують:

- правильність і послідовність дій,
- час реакції,
- кількість помилок.

Це забезпечує **прозору й неупереджену оцінку рівня підготовки** кожного працівника.

### **Психологічна готовність**

VR/AR допомагають адаптувати працівника до дії у стресових умовах.

Людина, яка «пережила» кілька кризових ситуацій у симуляції, у реальності поводить **спокійніше та впевненіше**.

### **Підвищення мотивації**

- Ігрові елементи (gamification) роблять процес навчання цікавим.
- Працівники активніше беруть участь у тренуваннях, що підвищує рівень їхньої залученості до культури безпеки.

## 9.5. Зарубіжний та вітчизняний досвід застосування цифрових симуляцій у підготовці персоналу

### **1. Зарубіжний досвід**

#### *Європа*

- **BASF (Німеччина):** застосовує VR-тренажери для підготовки працівників хімічних заводів. У віртуальному середовищі відпрацьовуються сценарії витоку небезпечних речовин та алгоритми локалізації аварій. Це дозволило знизити кількість інцидентів на 20%.
- **Siemens (Німеччина):** використовує цифрових двійників та AR-системи для навчання персоналу обслуговуванню складного обладнання. Працівник через AR-окуляри отримує покрокові інструкції у режимі реального часу.

### Північна Америка

- **ExxonMobil (США):** впровадила VR-тренінги для операторів нафтопереробних заводів. Моделюються сценарії вибухів, пожеж, відключення енергопостачання. Працівники відпрацьовують дії без ризику для життя.
- **Boeing (США):** застосовує AR для навчання монтажників і техніків. Під час роботи вони бачать в окулярах точні інструкції з підключення кабелів і перевірки безпеки. Це скоротило помилки на 40%.

### Азія

- **Hyundai Heavy Industries (Південна Корея):** AR-окуляри застосовуються під час інспекцій суднобудівного обладнання. Працівники отримують підказки у реальному часі, що знижує ймовірність аварій.
- **Mitsubishi (Японія):** впровадила VR-тренажери для евакуації персоналу з високотехнологічних виробничих об'єктів.

## 2. Вітчизняний досвід (Україна)

### Гірничо-металургійний комплекс:

На окремих підприємствах Кривбасу впроваджуються VR-тренажери для шахтарів: тренування евакуації у разі обвалу, вибуху газу або пожежі.

Металургійні заводи (наприклад, *ArcelorMittal Кривий Ріг*) застосовують цифрові симуляції для навчання роботі з доменними печами та реагуванню на аварійні зупинки обладнання.

### Будівельна галузь:

Використовуються AR-технології для навчання безпечній роботі на висоті. Працівники через AR-шоломи бачать цифрові попередження про небезпечні ділянки.

### Освіта:

Українські університети та навчальні центри поступово впроваджують VR-технології у програми з підготовки спеціалістів з охорони праці.

Пілотні проекти VR-лабораторій дозволяють студентам «проживати» аварійні ситуації замість звичайних лекцій.

### **3. Порівняльний аналіз**

Зарубіжні компанії зосереджуються на **масштабних корпоративних програмах** із використанням VR/AR на рівні цілих підприємств.

В Україні VR/AR-технології поки що впроваджуються **точково**, здебільшого у великих корпораціях і навчальних закладах.

Проте вже є позитивні результати: зменшення травматизму, економія витрат на реальні тренування, формування культури безпеки серед працівників.

### **Висновок**

Зарубіжний досвід показує, що VR/AR та цифрові тренажери стають **стандартом навчання з охорони праці**, особливо у високоризикових галузях. Українські підприємства тільки починають цей шлях, але вже доводять ефективність технологій.

Перспектива полягає у **масовому впровадженні VR/AR у промисловість та освітні програми**, що дозволить підвищити конкурентоспроможність вітчизняних підприємств і рівень безпеки працівників.

### **Контрольні запитання**

1. У чому полягає головна роль VR/AR у навчанні з охорони праці?
2. Які основні відмінності між VR і AR у підготовці персоналу?
3. Які небезпечні ситуації можна безпечно відпрацьовувати за допомогою цифрових тренажерів?
4. Як VR/AR-технології впливають на рівень засвоєння знань і практичних навичок?
5. У чому перевага імітаційного моделювання перед традиційними інструктажами?
6. Які можливості дають VR/AR для розвитку командної взаємодії під час аварійних ситуацій?
7. Як цифрові тренажери допомагають формувати психологічну готовність працівників до стресових умов?
8. Які приклади зарубіжних компаній можна навести у сфері впровадження VR/AR для безпеки праці?

9. Які українські підприємства або навчальні заклади вже використовують VR/AR у сфері охорони праці?
10. Які основні переваги VR/AR у порівнянні з традиційними методами навчання з безпеки праці?