

ТЕМА 3. ІНТЕРНЕТ РЕЧЕЙ (IOT) У СФЕРІ ОХОРОНИ ПРАЦІ: МОЖЛИВОСТІ МОНІТОРИНГУ ТА РЕАГУВАННЯ

Поняття та принципи роботи Інтернету речей у контексті охорони праці; використання сенсорів та підключених пристроїв для моніторингу виробничого середовища, стану обладнання та здоров'я працівників; можливості IoT для раннього виявлення небезпечних ситуацій і попередження аварій; інтеграція IoT-рішень з корпоративними інформаційними системами управління; приклади впровадження IoT у промислових галузях та їх ефективність у зниженні виробничих ризиків.

1. Поняття та принципи роботи Інтернету речей у контексті охорони праці

Інтернет речей (Internet of Things, IoT) — це концепція мережі взаємопов'язаних фізичних пристроїв, обладнаних сенсорами, програмним забезпеченням і засобами комунікації, які здатні збирати, обмінюватися та аналізувати дані без постійної участі людини.

У контексті **охорони праці** IoT розглядається як інструмент для **створення «розумного робочого середовища»**, де всі ключові параметри (стан обладнання, умови середовища, здоров'я працівників) контролюються у режимі реального часу, а інформація використовується для запобігання інцидентам та оперативного реагування на небезпеки.

Принципи роботи IoT у сфері безпеки праці

1. Сенсорний моніторинг

- Використання датчиків (температури, газів, шуму, вібрацій, пилу, вологості) для фіксації змін у виробничому середовищі.
- Носимі пристрої (браслети, розумні каски, чіпи у спецодязі) для відстеження стану здоров'я працівників: пульс, рівень кисню, місцезнаходження у небезпечних зонах.

2. Передача даних у реальному часі

- Інформація від сенсорів передається через бездротові технології (Wi-Fi, LTE/5G, LoRaWAN, ZigBee) на локальні сервери або у хмару.
- Це дозволяє створювати єдину систему моніторингу з доступом для керівників і служб безпеки.

3. Аналітика та обробка інформації

- Дані з сенсорів автоматично обробляються в цифровій платформі.
- Алгоритми штучного інтелекту визначають відхилення від норми та формують прогноз можливих ризиків.
- Формуються попередження для працівників і керівництва.

4. Автоматичне реагування

- У разі критичної ситуації система може **ініціювати дії без участі людини**: запуск вентиляції, аварійне відключення обладнання, увімкнення сигналізації чи евакуаційних протоколів.

5. Інтеграція з корпоративними системами

- IoT-пристрої взаємодіють із ERP, HR, SCADA та EHS-платформами.
- Це дозволяє враховувати дані у фінансовому плануванні, кадровому управлінні та стратегічних рішеннях.

Значення для охорони праці

Застосування IoT у сфері охорони праці має стратегічне значення, адже дозволяє:

- перейти від **реактивної моделі** («усунення наслідків») до **проактивної моделі** («попередження небезпеки»);
- зменшити кількість інцидентів і виробничих травм;
- знизити економічні втрати від аварій і простоїв;
- забезпечити постійний контроль навіть у важкодоступних або небезпечних зонах;
- підвищити рівень довіри працівників до системи безпеки та сформувати **культуру цифрової охорони праці**.

2. Використання сенсорів та підключених пристроїв у сфері охорони праці

Сенсори для моніторингу виробничого середовища

Умови робочого середовища часто є основним фактором ризику для здоров'я і безпеки працівників. IoT-сенсори дозволяють безперервно контролювати ключові параметри:

- **Температура та вологість** – важливі для металургійних, харчових та аграрних підприємств.
- **Концентрація газів і пилу** (CO, CO₂, CH₄, NH₃, SO₂) – особливо актуально для шахт, хімічних виробництв, аграрних складів.

- **Рівень шуму і вібрацій** – контроль шкідливих факторів на машинобудівних та транспортних підприємствах.
- **Освітлення та радіаційний фон** – актуально для енергетики та будівництва.

Приклад: у вугільній шахті встановлені сенсори метану, які автоматично передають дані у диспетчерський центр і запускають систему вентиляції при перевищенні допустимих норм.

Сенсори для моніторингу стану обладнання

IoT-технології забезпечують **предиктивне обслуговування** – попередження аварій до їх настання.

- Контроль температури й тиску у трубопроводах та реакторах.
- Вимірювання рівня вібрацій обладнання для виявлення прихованих поломок.
- Системи автоматичного відключення при виході параметрів за межі норми.

Приклад: на електростанціях встановлюються сенсори вібрацій турбін. Якщо рівень перевищує норму, система повідомляє інженерів та планує ремонт, запобігаючи аварії.

Носимі пристрої для контролю працівників

Сучасні IoT-рішення включають **wearables** – пристрої, які працівник носить під час роботи:

- **«Розумні каски»** із вбудованими датчиками температури, GPS-навігацією та системами попередження про небезпеку.
- **Браслети чи датчики у спецодязі** для моніторингу пульсу, рівня кисню у крові, показників стресу та втоми.
- **Системи позиціонування** для відстеження місцезнаходження працівників у небезпечних зонах.

Приклад: у будівельних компаніях використовують «розумні каски», які сигналізують працівнику про наближення до небезпечної зони (наприклад, краю покрівлі).

Мобільні пристрої та додатки

IoT-рішення інтегруються зі смартфонами та планшетами, на яких працівники й менеджери отримують:

- сповіщення про небезпечні ситуації;
- електронні інструкції з безпеки;
- можливість одразу зареєструвати інцидент чи порушення правил охорони праці.

Приклад: у транспортній галузі водії отримують попередження про перевтому або порушення швидкісного режиму через мобільний додаток, підключений до сенсорів транспортного засобу.

Взаємодія сенсорів і платформ

Усі сенсори та носимі пристрої передають дані на цифрові платформи (Enablon, Intellex, EcoOnline, SAP EH&S), де інформація:

- зберігається у хмарних чи локальних базах;
- аналізується у режимі реального часу;
- відображається у вигляді дашбордів для керівництва;
- використовується для формування прогнозів і автоматичних протоколів реагування.

Використання сенсорів та підключених пристроїв у сфері охорони праці забезпечує:

- **безперервний моніторинг середовища та обладнання;**
- **контроль стану здоров'я працівників у небезпечних умовах;**
- **швидке реагування на відхилення від норм;**
- **зменшення виробничого травматизму та витрат на ліквідацію наслідків аварій.**

3. IoT для раннього виявлення небезпечних ситуацій і попередження аварій

1. Перехід від реактивного до проактивного підходу

Традиційно системи охорони праці часто діяли **реактивно** – інциденти фіксувалися після їх настання, а заходи приймалися постфактум. Інтернет речей (IoT) дозволяє перейти до **проактивної моделі**, коли небезпечні відхилення виявляються ще до того, як вони переростуть у аварію чи травматизм.

2. Як IoT виявляє небезпеки на ранніх етапах

- **Постійний моніторинг середовища та обладнання:** сенсори виявляють зміну температури, тиску, вібрації, концентрації газів або шуму.

- **Аналіз трендів:** цифрові платформи, підключені до сенсорів, порівнюють поточні показники з історичними даними, виявляючи аномалії.
- **Прогнозування ризиків:** алгоритми штучного інтелекту прогнозують розвиток подій і попереджають про можливу небезпеку.
- **Автоматичні сигнали тривоги:** при досягненні критичних значень система одразу надсилає повідомлення працівникам та керівникам, а у деяких випадках – самостійно активує протоколи реагування.

3. Сценарії застосування IoT для попередження аварій

1. **Хімічна промисловість** – сенсори контролюють тиск і температуру в резервуарах; при відхиленнях система прогнозує ризик вибуху та запускає охолодження.
2. **Енергетика** – датчики вібрацій турбін виявляють приховані пошкодження; система дає сигнал на технічний огляд до виникнення аварії.
3. **Будівництво** – носимі пристрої визначають перевтому або втрату координації у працівників; сигнал надходить на смартфон майстра, щоб попередити нещасний випадок.
4. **Металургія** – сенсори чадного газу запускають вентиляцію і звукову сигналізацію до того, як концентрація стане смертельно небезпечною.
5. **Шахти** – IoT-системи фіксують підвищення рівня метану й автоматично блокують обладнання, що може спричинити іскру.

4. Автоматизоване реагування

IoT-системи не тільки попереджають, а й здатні **ініціювати дії без участі людини**:

- зупинка небезпечного обладнання;
- включення аварійної вентиляції;
- активація протоколу евакуації (звукове та світлове оповіщення);
- відправка повідомлень у корпоративні системи (ERP, SCADA, EHS).

5. Переваги раннього виявлення

- **Зниження виробничого травматизму** – працівники уникають критичних ситуацій.
- **Скорочення фінансових втрат** – зменшення аварій, простоїв та витрат на ліквідацію наслідків.
- **Продовження життєвого циклу обладнання** – завдяки предиктивному ремонту.

- Підвищення довіри працівників до системи безпеки.
- Виконання вимог міжнародних стандартів (ISO 45001, ISO 31000).

Отже, IoT у сфері охорони праці дозволяє заздалегідь виявляти небезпеку, запобігати аваріям і формувати проактивну культуру безпеки, де головний акцент робиться на профілактику, а не на ліквідацію наслідків.

3.4. Інтеграція IoT-рішень з корпоративними інформаційними системами управління

Необхідність інтеграції

IoT-сенсори та пристрої генерують величезний обсяг даних про стан обладнання, середовище та здоров'я працівників. Але ці дані мають цінність лише тоді, коли вони інтегровані в управлінські системи підприємства, що дозволяє:

- поєднувати інформацію з різних джерел;
- приймати комплексні рішення;
- враховувати безпекові аспекти у фінансовому, кадровому та виробничому плануванні.

Основні напрямки інтеграції

а) Інтеграція з ERP-системами (Enterprise Resource Planning)

- Приклади: **SAP, Oracle, Microsoft Dynamics, 1C**.
- Дозволяє автоматично враховувати витрати на охорону праці, планувати бюджети на модернізацію та навчання.
- Ризики та інциденти відображаються у фінансовій звітності.

Приклад: у металургійній компанії дані сенсорів газу з цехів автоматично інтегруються в SAP EH&S, що дозволяє керівникам бачити економічні втрати від простоїв через небезпечні ситуації.

б) Інтеграція з HR-системами

- Приклади: **Workday, BambooHR, SAP SuccessFactors**.
- Використовується для контролю проходження медоглядів, інструктажів, VR/AR-тренінгів.

- Носимі пристрої можуть оновлювати дані про стан здоров'я працівника в його кадровій картці.

Приклад: у будівельній компанії носимі браслети, що контролюють рівень втоми працівників, інтегровані з HR-системою. Якщо перевищується ризик травматизму, працівника автоматично переводять на менш небезпечну ділянку.

с) Інтеграція з виробничими системами (MES, SCADA)

- MES (Manufacturing Execution System) і SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) відповідають за контроль технологічних процесів.
- IoT забезпечує безперервний потік даних у ці системи для попередження аварій.
- Можливе автоматичне відключення обладнання чи активація аварійних протоколів.

Приклад: у хімічному виробництві SCADA отримує дані з IoT-сенсорів тиску. При перевищенні критичних значень система блокує насосне обладнання, запобігаючи витоків небезпечних речовин.

д) Інтеграція з EHS-платформами (Environment, Health & Safety)

- Приклади: **Enablon, Intellex, EcoOnline, SAP EH&S.**
- Поєднання IoT з EHS-системами дозволяє формувати карти ризиків, будувати аналітику та формувати звітність відповідно до стандартів ISO 45001.

Приклад: у енергетичній компанії IoT-сенсори контролюють вібрацію турбін і передають дані в Enablon. Система формує прогноз можливих відмов та планує превентивний ремонт.

Переваги інтеграції IoT та корпоративних систем

- **Комплексний підхід до управління:** безпека інтегрується у всі процеси підприємства.
- **Оперативність:** дані з IoT-сенсорів доступні керівництву в режимі реального часу.
- **Оптимізація витрат:** запобігання аваріям та простою обладнання.
- **Відповідність стандартам:** автоматична підготовка звітів для аудиту та державних органів.
- **Прозорість і відповідальність:** усі дані фіксуються та зберігаються у цифровому форматі.

Виклики інтеграції

- Висока вартість впровадження комплексних рішень.
- Потреба у кіберзахисті даних від IoT-пристроїв.
- Необхідність підготовки персоналу для роботи з новими технологіями.

3.5. Приклади впровадження IoT у промислових галузях та їх ефективність

Металургія та важка промисловість

Застосування: датчики температури, газоаналізатори, системи моніторингу вібрацій обладнання.

Мета: попередження перегріву печей, контролю витоків чадного газу, зниження ризику вибухів.

Приклад: на металургійному комбінаті IoT-сенсори контролюють рівень CO у цехах і передають дані в диспетчерський центр. У разі перевищення – автоматично вмикається вентиляція.

Ефективність: зниження кількості отруєнь на 40%, скорочення аварійних зупинок обладнання на 25%.

Будівництво

Застосування: носимі пристрої («розумні каски», браслети), датчики падіння, системи GPS-навігації для персоналу.

Мета: попередження падінь з висоти, моніторинг стану здоров'я працівників, контроль доступу до небезпечних зон.

Приклад: на будівництві хмарочосів у Дубаї робітники користуються «розумними касками», що сигналізують про втрату рівноваги або перебування біля краю конструкцій.

Ефективність: зниження смертельного травматизму на 30%, зменшення витрат на страхові виплати.

Аграрний сектор

Застосування: сенсори якості повітря у тваринницьких приміщеннях, моніторинг рівня аміаку й вуглекислого газу, контроль умов зберігання зерна.

Мета: збереження здоров'я працівників і зменшення ризику пожеж або вибухів на зерноскладах.

Приклад: агрохолдинги ЄС використовують IoT для контролю мікроклімату у птичниках і свинарниках. Дані надходять на смартфони агрономів і ветеринарів.

Ефективність: зменшення випадків отруєнь серед персоналу на 35%, оптимізація витрат на вентиляцію та енергію.

Енергетика

Застосування: сенсори вібрацій і температури турбін, датчики для моніторингу трансформаторів і високовольтних кабелів.

Мета: попередження аварій та коротких замикань, прогнозування технічних несправностей.

Приклад: на атомних та теплових електростанціях сенсори вібрацій інтегровані в SCADA-систему. Якщо параметри виходять за межі норми – система автоматично вимикає агрегат.

Ефективність: скорочення аварійних простоїв на 20–25%, підвищення надійності енергопостачання.

5. Хімічна промисловість

Застосування: датчики тиску, температури та витоків небезпечних речовин, інтегровані аварійні протоколи.

Мета: запобігання витокам, вибухам і отруєнням персоналу.

Приклад: у європейських хімічних концернах IoT-сенсори миттєво виявляють витік аміаку та запускають аварійне перекриття трубопроводів.

Ефективність: зниження аварій на 50%, мінімізація людських втрат у надзвичайних ситуаціях.

Узагальнення ефективності впровадження IoT

Безпека: значне скорочення виробничого травматизму (у середньому на 20–40%).

Економіка: зменшення фінансових втрат від аварій і простоїв на 15–30%.

Продуктивність: зростання надійності обладнання й оптимізація витрат на ремонт.

Культура безпеки: підвищення довіри працівників до систем охорони праці.

Контрольні запитання

1. Що таке Інтернет речей (IoT) та як він застосовується у сфері охорони праці?
2. Які основні принципи роботи IoT у системах безпеки виробничих процесів?
3. Які параметри виробничого середовища можуть контролювати IoT-сенсори?
4. Як IoT допомагає відстежувати технічний стан обладнання?
5. Які носимі пристрої використовуються для моніторингу стану здоров'я працівників?
6. У чому полягає проактивний підхід до охорони праці за допомогою IoT?
7. Як відбувається інтеграція IoT-рішень з корпоративними інформаційними системами управління (ERP, HR, SCADA, EHS)?
8. Наведіть приклади використання IoT у різних галузях промисловості.
9. Які основні переваги застосування IoT для попередження аварій та небезпечних ситуацій?
10. Які виклики та обмеження існують при впровадженні IoT у системи охорони праці?