

**Харківський національний автомобільно-дорожній університет**

**Національний науковий центр «Інститут метрології»  
м. Харків**

**Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»**

**Матеріали Всеукраїнської науково-практичної Інтернет-  
конференції здобувачів вищої освіти і молодих учених**

**«Метрологічні аспекти прийняття рішень  
в умовах роботи на техногенно небезпечних  
об'єктах»**

**Згідно з планом проведення міжнародних, всеукраїнських науково-  
практичних та науково-методичних конференцій і семінарів на базі  
Харківського національного автомобільно-дорожнього університету у  
2024 році (Лист ІМЗО № 21/08-7 від 04 січня 2024 року)**

**5 листопада 2024 р.  
м. Харків, Україна**

## Організаційний комітет конференції

- Богомолів Віктор Олександрович - голова організаційного комітету, ректор ХНАДУ (м. Харків), професор
- Дмитрієв Ілля Андрійович - заступник ректора з наукової роботи ХНАДУ (м. Харків), професор
- Єфименко Олександр Володимирович - декан механічного факультету ХНАДУ (м. Харків), професор
- Богатов Олег Ігоревич - відповідальний секретар конференції, завідувач кафедри метрології та безпеки життєдіяльності ХНАДУ (м. Харків), доцент

## ЗМІСТ

	Стор.
<b>Секція 1 Вимірювальні інформаційні технології на техногенно небезпечних об'єктах</b>	
Абракітов В. Е., Сімочкіна А. В. МОДЕЛЮВАННЯ ПОЖЕЖИ НА ЗАЛІЗНИЧНІЙ СТАНЦІЇ КОСТЯНТИНОВКА ЗА ДОПОМОГОЮ ПРОГРАМНОГО ЗАСОБУ “ALONA”	7
Біляєв М. М., Біляєва В. В., Берлов О. В., Машихіна П. Б., Калашніков І. В. МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПОШИРЕННЯ ШКІДЛИВИХ РЕЧОВИН ПРИ ВИКИДАХ НА ЕНЕРГЕТИЧНИХ ОБ'ЄКТАХ	12
Васалатій С. М. ТЕХНОЛОГІЇ ОПТИМІЗАЦІЇ ФУНКЦІЙ ЧУТЛИВОСТІ ВИМІРЮВАЛЬНИХ КАНАЛІВ В ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНИХ СИСТЕМАХ	15
Гончаренко А. В. МЕТОД КОНТРОЛЮ ДАТЧИКІВ ТИСКУ В БАГАТОКАНАЛЬНИХ ВИМІРЮВАЛЬНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМАХ	18
Єгоров Н. О., Медведовська Я. С. ВАЖЛИВІСТЬ ІНФОРМАЦІЙНОЇ БЕЗПЕКИ ДЛЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ	20
Звягін Г. О. ТЕХНОЛОГІЯ ПРОГНОЗУВАННЯ МЕТРОЛОГІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК В ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНИХ СИСТЕМАХ	23
Карпенко Є. С., Крайнюк О. В. ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ ТЕХНОЛОГІЇ ВИМІРЮВАННЯ ШУМУ В РОБОЧІЙ ЗОНІ МАШИНО-ТРАКТОРНИХ СИСТЕМ	27
Коваль Д. О. ВЕЙВЛЕТ-АНАЛІЗ ДАНИХ ВИМІРЮВАНЬ В ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІЙ ВИМІРЮВАЛЬНІЙ СИСТЕМІ ТИСКУ	31
Кравченко В. П. СУЧАСНИЙ СТАН РОЗВИТКУ ВИМІРЮВАЛЬНИХ ТЕХНОЛОГІЙ	36
Нагоркін Я. В. ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА ТЕХНОЛОГІЯ РОЗДІЛЕННЯ ШУМІВ І ПОХИБОК ВИМІРЮВАННЯ В БАГАТОКАНАЛЬНИХ ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНИХ СИСТЕМАХ	39
Павленко О. В., Діденко Н. В. ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ ПОБУДОВИ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ВИМІРЮВАЛЬНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ	41
Тіщенко В. І., Петрукович Д. Є. ОБҐРУНТУВАННЯ ВИМОГ ДО БАГАТОКАНАЛЬНИХ ВИМІРЮВАЛЬНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ ДОРОЖНИХ МАШИН	45
Хоменко Ю. С. МОДЕЛЬ ДИСТАНЦІЙНОГО ВИЯВЛЕННЯ НАЗЕМНИХ ОРІЄНТИРІВ ДЛЯ ПРОГНОЗУВАННЯ МЕТРОЛОГІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНИХ СИСТЕМ	47

Шепелинська Г. С. ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА ТЕХНОЛОГІЯ ОПТИМІЗАЦІЇ СТРУКТУРИ ВИМІРЮВАЛЬНОЇ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ МЕТЕОПАРАМЕТРІВ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА	50
Шульга П. О. ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА ТЕХНОЛОГІЯ СТАБІЛІЗАЦІЇ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ ВИМІРЮВАНЬ В ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНІЙ СИСТЕМІ ТИСКУ	53
<b>Секція 2 Пристрої і методи вимірювання та контролю параметрів потенціально небезпечних процесів. Метрологічне забезпечення безпеки життєдіяльності</b>	
Біляєв М. М., Біляєва В. В., Берлов О. В., Козачина В. А., Машихіна П. Б. ОЦІНЮВАННЯ РІВНЯ РАДІОАКТИВНОГО ЗАБРУДНЕННЯ ДОВКІЛЛЯ У РАЗІ ВИКИДУ НА АЕС	58
Краснов В. А., Кондратенко О. М. МОБІЛЬНИЙ ВИПРОБУВАЛЬНИЙ СТЕНД ДЛЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОЧИХ ХАРАКТЕРИСТИК ВИКОНАВЧИХ ЕЛЕМЕНТІВ ТЕХНОЛОГІЙ ЗАХИСТУ ДОВКІЛЛЯ ВІД ВПЛИВУ ПОРШНЕВИХ ДВЗ	60
Попко С. О., Черепньов І. А., Пісня Л. А. ПЕРЕВАГИ БІОМОНІТОРИНГУ У КОНТРОЛІ ЗАБРУДНЕННЯ ПОВІТРЯ В СІЛЬСЬКІЙ МІСЦЕВОСТІ	65
Рудаков С. В., Коваленко І. М. МЕТОД КОНТРОЛЮ СТУПЕНЯ ТЕРМІЧНИХ УШКОДЖЕНЬ МАТЕРІАЛІВ НА МІСЦІ ПОЖЕЖІ ШЛЯХОМ ВИМІРЮВАННЯ КОЛІРНИХ ХАРАКТЕРИСТИК	69
Лорія М. Г., Салінко Г. О. ВИКОРИСТАННЯ ДРОНІВ ДЛЯ БЕЗПЕРЕРВНОГО КОНТРОЛЮ ПОТЕНЦІЙНО НЕБЕЗПЕЧНИХ ОБ'ЄКТІВ: МЕТРОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ТА ВИКЛИКИ	74
Карпюк Л. В., Салінко Н. М. МЕТОДИ ВИМІРЮВАННЯ ТА КОНТРОЛЮ ПАРАМЕТРІВ БЕЗПЕКИ ПРИ ДИСТАНЦІЙНОМУ УПРАВЛІННІ РОБОТИЗОВАНИМИ СИСТЕМАМИ НА НЕБЕЗПЕЧНИХ ОБ'ЄКТАХ	77
Сотнікова Т. Г., Салінко Р. І. ЗАСТОСУВАННЯ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ ДЛЯ МОНІТОРИНГУ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ АВАРІЙНИХ СИТУАЦІЙ НА ТЕХНОГЕННО НЕБЕЗПЕЧНИХ ОБ'ЄКТАХ	81
Троц В. І., Петрукович Д. Є. АНАЛІЗ МЕТОДІВ ПЕРЕВІРКИ ЧАСУ РЕАКЦІЇ ДАТЧИКІВ ОПОРУ НА ОБ'ЄКТАХ ПІДВИЩЕНОЇ НЕБЕЗПЕКИ	84
<b>Секція 3 Проблемні питання прийняття рішень</b>	
Ахмадєєв П. В., Грайворонська І. В. КВАЛІМЕТРИЧНЕ ОЦІНЮВАННЯ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ ТА ВЛАСТИВОСТЕЙ ПРОМИСЛОВОЇ ПРОДУКЦІЇ	89
Білаш І. О., Кравцов М. М. МЕТРОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ В УМОВАХ РОБОТИ НА ТЕХНОГЕННО	91

НЕБЕЗПЕЧНИХ ОБ'ЄКТАХ	
Бесараб О. С., Грайворонська І. В. ОБРОБКА ДАНИХ ЩОДО ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ ПРОМИСЛОВОЇ ПРОДУКЦІЇ	94
Крайнюк М. Ю. ОПТИМІЗАЦІЯ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ДЛЯ БЕЗПЕЧНОЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ДОРОЖНЬО-БУДІВЕЛЬНОЇ ТЕХНІКИ	96
Ребрик Б. Д. СУЧАСНІ ДІАГНОСТИЧНІ ТЕХНОЛОГІЇ МАШИНОБУДУВАННЯ	101
Степаненко В. О. МЕТРОЛОГІЧНА ОЦІНКА ЯКОСТІ БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗПЕКИ ТЕХНОГЕННО НЕБЕЗПЕЧНИХ ОБ'ЄКТІВ	106
Холод А. В., Кравцов М. М. АВТОМОБІЛЕБУДУВАННЯ НА ТЕХНОГЕННО НЕБЕЗПЕЧНИХ ОБ'ЄКТАХ ТРАНСПОРТНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ В УМОВАХ ВОЄННОГО СТАНУ	109
Шабалін Т. Д., Медведовська Я. С. СТАНОВЛЕННЯ ЄДИНОЇ СИСТЕМИ МЕНЕДЖМЕНТУ ПРОФЕСІЙНОГО ЗДОРОВ'Я ТА БЕЗПЕКИ ПРАЦІВНИКІВ ПІДПРИЄМСТВ В УКРАЇНІ	113
<b>Секція 4 Ліквідація наслідків аварій на техногенно небезпечних об'єктах</b>	
Андрющенко В. Т., Роянов О. М. ПІДВИЩЕННЯ БЕЗПЕКИ ПРАЦІ СИСТЕМ КРИТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ ШЛЯХОМ АВТОМАТИЗАЦІЇ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ	119
Аршинніков Б. В., Кравцов М. М. ЛІКВІДАЦІЯ ПОЖЕЖ ГАЗОВИХ І НАФТОВИХ ФОНТАНІВ	123
Кириєнко Я. М., Кравцов М. М. СУЧАСНІ ПІДХОДИ ДО ЛІКВІДАЦІЇ НАСЛІДКІВ АВАРІЙ НА ТЕХНОГЕННО НЕБЕЗПЕЧНИХ ОБ'ЄКТАХ	127
Кравченко О. С., Кравцов М. М. СТРАТЕГІЯ СТАЛОГО РОЗВИТКУ В УКРАЇНІ ПРИ ЛІКВІДАЦІЇ НАСЛІДКІВ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ	130
Нечитайло Ю. А., Левтеров М. О. СИСТЕМИ ПОШУКУ ПОШКОДЖЕНЬ У РОЗПОДІЛЕНИХ ЕЛЕКТРОМЕРЕЖАХ	133
Пашков В. Г., Кравцов М. М. НАДЗВИЧАЙНІ СИТУАЦІЇ ВНАСЛІДОК ДОРОЖНЬО-ТРАНСПОРТНИХ ПРИГОД	136
Попко С. О., Черепньов І. А., Пісня Л. А. ВПЛИВ ЗАХИСНОГО ОДЯГУ НА ЕФЕКТИВНІСТЬ РОБОТИ ПОЖЕЖНИКІВ	141
Стрижак Г. О., Кравцов М. М. ОСОБЛИВОСТІ ВИНИКНЕННЯ ТА ЛІКВІДАЦІЇ АВАРІЙ НА ОБ'ЄКТАХ НАФТОВИДОБУВНОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ	144
Трофіменко Д. О., Кравцов М. М. МЕТОДИ ЛОКАЛІЗАЦІЇ ТА ЛІКВІДАЦІЇ НАСЛІДКІВ ХІМІЧНИХ АВАРІЙ	149

## **Секція 1**

### **Вимірювальні інформаційні технології на техногенно небезпечних об'єктах**

*Абракітов В. Е., доцент, канд. техн. наук, доцент*

*Сімоchкіна А. В., магістр*

*Харківський національний університет*

*міського господарства імені О. М. Бекетова*

**МОДЕЛЮВАННЯ ПОЖЕЖІ НА ЗАЛІЗНИЧНІЙ СТАНЦІЇ  
КОСТЯНТИНІВКА ЗА ДОПОМОГОЮ ПРОГРАМНОГО ЗАСОБУ  
“АЛОНА”**

Залізнична станція Костянтинівка розташована в Донецькій області на території, підконтрольній Україні. Неподалік станції проходить лінія фронту. Залізничний вузол має дуже велике значення для обороноздатності нашої держави; застосовується для транзиту вантажів та для евакуації мирного населення.

Російський агресор всіма способами намагається паралізувати роботу залізниці, для чого підвергає саме цю станцію інтенсивним бомбардуванням, обстрілам, нальотам дронів тощо. Вибухи на території станції, внаслідок агресивних дій рашистів, не є рідкістю [1]. Персонал безперервно працює в умовах постійної небезпеки (військового характеру). Є чисельні людські жертви.

Теоретично оцінюючи стан безпеки персоналу (себто залізничників), авторам цієї роботи потребувалося змоделювати ситуацію вибуху та пожежі залізничної цистерни (рис. 1) на цій станції, заповненої такою горючою речовиною, як пропан, – (вірогідність чого дуже велика і не викликає жодних сумнівів).

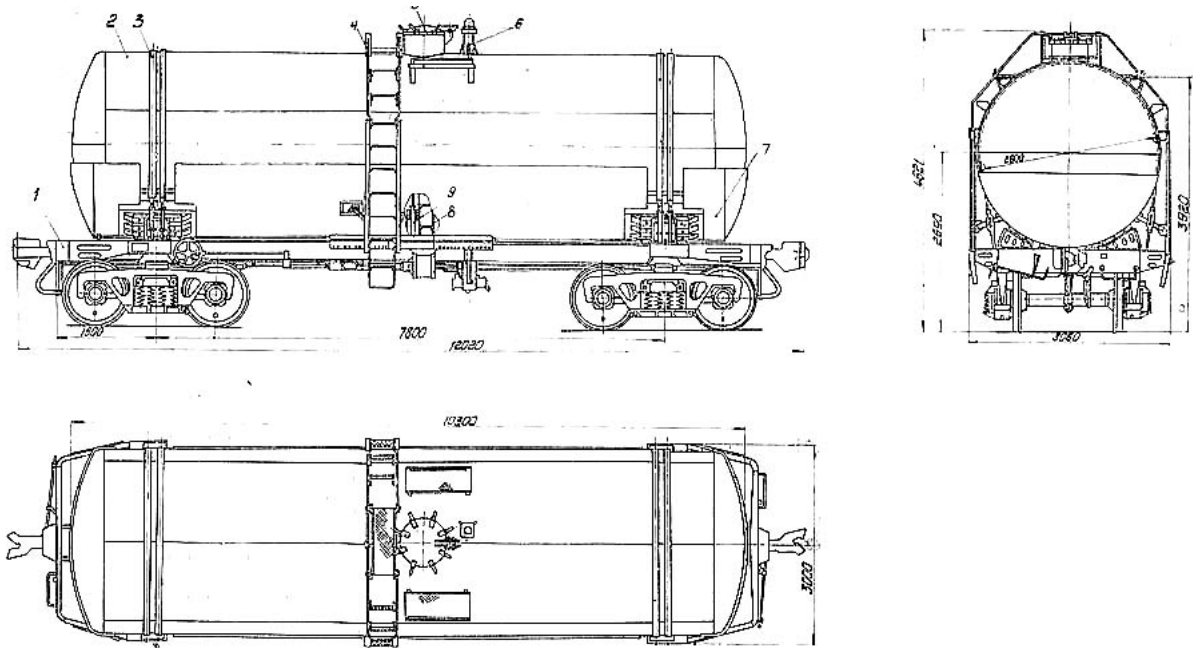


Рисунок 1 – Креслення цистерни для перевезення пропану, що є лакомною мішенню рашистських агресорів

Безпосередньою причиною такої надзвичайної ситуації може служити попадання рашистського боєприпасу, оскільки агресори регулярно обстрілюють станцію, намагаючись паралізувати її роботу, нанести шкоду мирному населенню та забудові, залізничному господарству, та нанести поразку героїчним воїнам-захисникам ЗСУ. Застосуємо програмний комплекс “Aloha”.

Запускаємо програму. Заповнюємо пункт меню «SiteData», підпункти Location - (місце, в нашому випадку – Костянтинівка); Bilding Type (рис. 2-а; приймаємо «просту» забудову, на відміну від сильно урбанізованої або відсутності будівель) та Date & Time (дату та час майбутньої події).



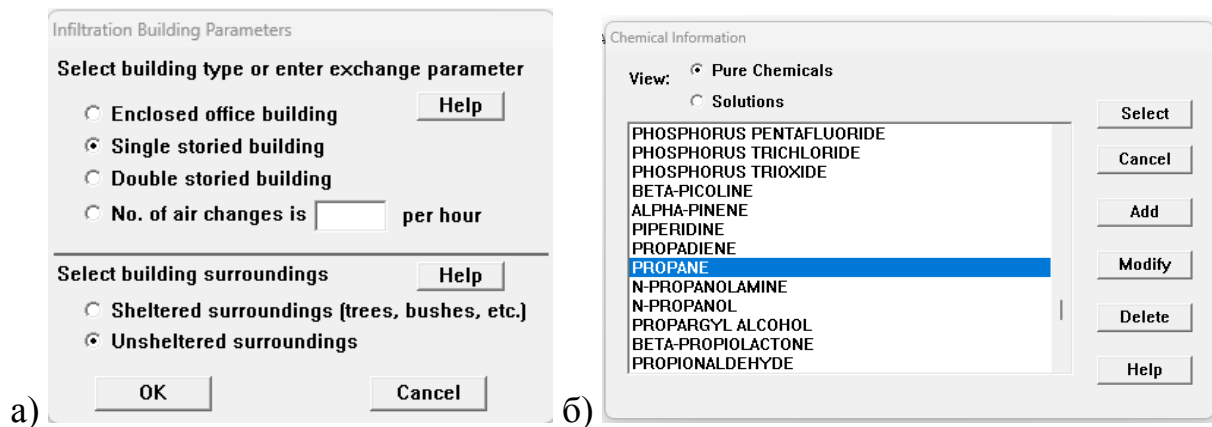


Рисунок 2 – Скріншот параметрів: а)забудови Костянтинівки; б) «SetUp» в Aloha

Потім переходимо до меню «SetUp» Aloha (рис. 2-б). Заповнюємо позицію: “Chemical”. Обираємо нашу речовину «Пропан». Потім йдемо до «Атмосферних умов» Aloha. Погода, за вихідними даними, сонячна (стоїть аномальна спека влітку 2024 р.). Температура повітря 30°C. Інверсію не враховуємо – (рис. 3).

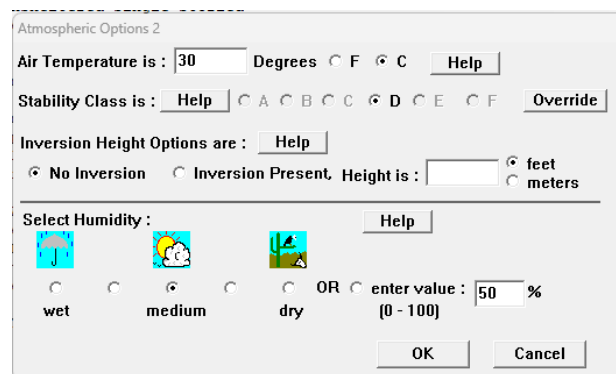


Рисунок 3 – Скріншот параметрів атмосферних умов

Починаємо з моделювання сценарію BLEVE, запрограмованого в Aloha. Пропан може витекти з цистерни. У меню SetUp наведемо вказівник миші на пункт Source, а потім виберемо Tank. З'явиться діалогове вікно «Розмір і орієнтація резервуара» (рис. 4-а). Дивимось розміри нашої залізничної цистерни на рис. 1. Її діаметр 2,8 м, а довжина – 7,8 м. ALOHA

**автоматично** розраховує місткість бака (сама підставляє значення в пусте віконце Volume). Пропан зріджений (рис. 4-б).

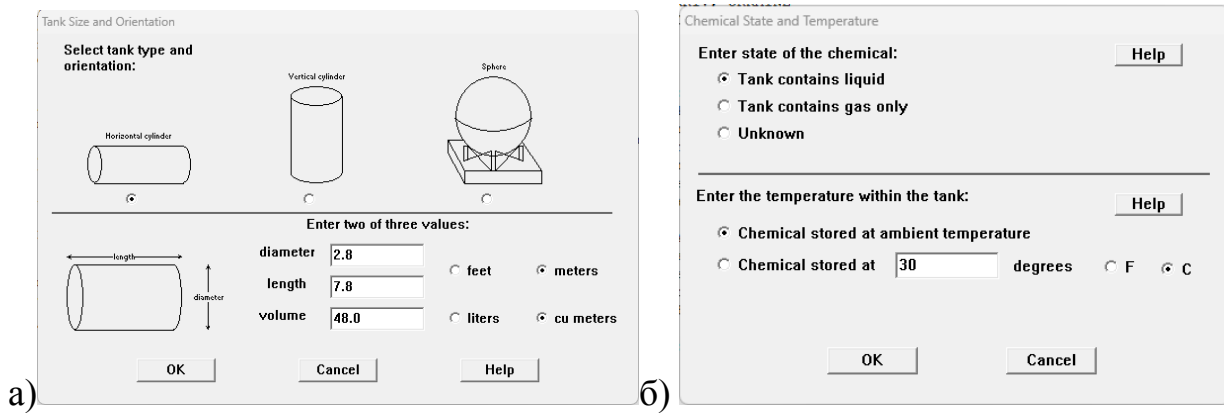


Рисунок 4 – Скріншоти проміжних операцій Aloha

Оскільки зазвичай повністю цистерни не заповнюють, приймаємо рівень 95,5% (рис. 5-а). Обираємо сценарій BLEVE (рис. 5-б). Він там описаний (англ.)

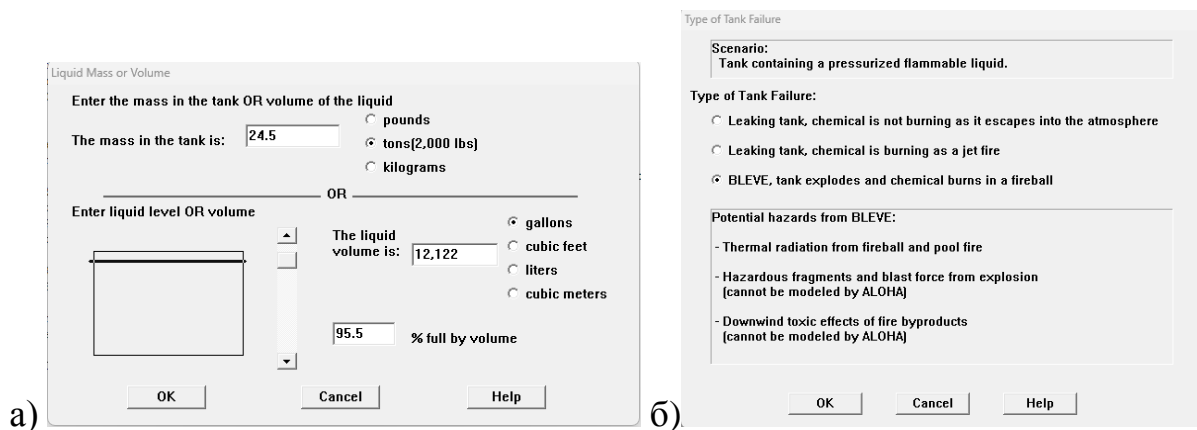


Рисунок 5 – Скріншоти вибору заповнення (а) та вибору типу події (б)

Нажимаємо Display – Treath Zone. Aloha доказує чисельні значення трьох зон: червоної (вища); помаранчевої (середня) та жовтої (нижча небезпека) – рис. 6-а, б.

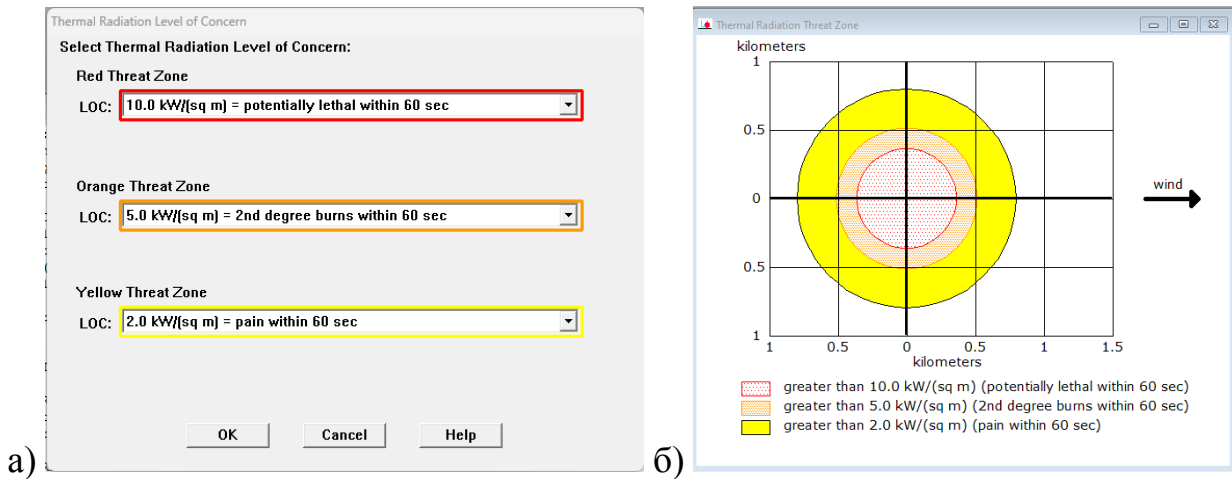


Рисунок 6 – Кінцеві результати розрахунку: аналітичний (а) та графічний (б)

Тепер потрібно розташувати наші результати моделювання на реальній місцевості, тобто в самій Костянтинівці. Для цього застосуємо програму Maplot.

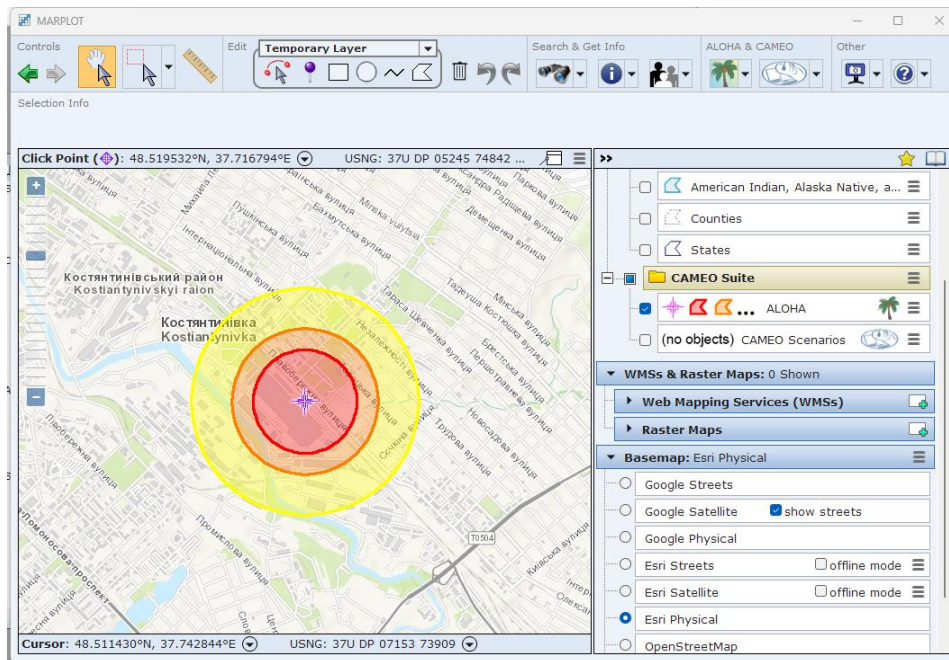


Рисунок 7 – Карта Костянтинівки з вказанням можливих зон ураження від вибуху цистерни з пропаном на місцевій залізничній станції внаслідок рос. агресії

Таким чином, внаслідок проведеного моделювання, ми розрахували можливі зону ураження та небезпечну зону на випадок вірогідного вибуху та

пожежі стандартної залізничної цистерни, заповненої пропаном, в разі ураження її ракетою чи дроном російського агресора на рейках залізничної станції Костянтинівка, – (що й потребувалося в якості вихідного завдання). На підставі цих розрахунків та схем розробляються заходи безпеки, розташування укриттів, шляхи евакуації персоналу, тактичні прийоми ліквідації надзвичайної ситуації тощо.

### **Література:**

1. Російські окупанти знищили будівлю вокзалу в Костянтинівці. [Електрон. ресурс]. – Режим доступу: <https://svoi.city/articles/345092/zaliznichne-spoluchennya-kiiiv-vijna-rosijski-okupanti-znischili-budivlyu-vokzalu-v-kostyantynivci>

*Біляєв М. М.<sup>1</sup>, Біляєва В. В.<sup>2</sup>, Берлов О. В.<sup>3</sup>,*

*Машихіна П. Б.<sup>4</sup>, Калашніков І. В.<sup>5</sup>*

*<sup>1</sup> проф. каф. гідравліки, водопостачання та фізики, д.т.н., проф., УДУНТ*

*<sup>2</sup> проф. каф. енергетичних систем та енергоменеджменту, д.т.н., проф., УДУНТ*

*<sup>3</sup> доц. каф. охорони праці, цивільної та техногенної безпеки, к.т.н., доц., УДУНТ*

*<sup>4</sup> доц. каф. гідравліки, водопостачання та фізики, к.т.н., доц., УДУНТ*

*<sup>5</sup> директор Харківського відділення Філії «Проектно-вишукувальний інститут залізничного транспорту», д.т.н.*

## **МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПОШИРЕННЯ ШКІДЛИВИХ РЕЧОВИН ПРИ ВИКИДАХ НА ЕНЕРГЕТИЧНИХ ОБ'ЄКТАХ**

Значне забруднення атмосфери та підстильної поверхні має місце при експлуатація енергетичних об'єктів. Це приводить до утворення небезпечних

зон з підвищеною концентрацією шкідливих речовин, як на промислових майданчиках, так і за їх межами.

Вивчаються задачі чисельного моделювання забруднення атмосферного повітря небезпечними хімічними речовинами та пилом у різних метеорологічних умовах, включаючи конvekцію, штиль та інверсію. Також розглядаються задачі визначення інтенсивності та розмірів областей забруднення різних ділянок підстильної поверхні в зоні впливу енергетичних об'єктів.

Для вирішення таких задач розроблені 2D і 3D чисельні моделі [1, 2], спрямовані на оцінку інтенсивності забруднення повітря робочих зон на території ТЕС, а також на штабелях вугілля, де відбувається пилоутворення.

Для моделювання поширення газоподібних і пилових домішок використовуються рівняння конвективно-дифузійного переносу.

Ці моделюючі рівняння враховують:

1. гравітаційне осадження домішки;
2. геометричну форму джерела забруднення;
3. профіль та напрям вітрового потоку;
4. атмосферну стратифікацію;
5. місце емісії;
6. інтенсивність емісії домішки.

Розташування джерела викиду забруднюючих речовин моделюється із застосуванням дельта-функції Дірака.

Поле швидкості повітряного потоку розраховується на базі моделі потенціального руху. Для моделювання стану штилю та інверсії використовується модель М. Берлянда для розрахунку вертикального коефіцієнту атмосферної дифузії. Чисельне інтегрування рівняння конвективно-дифузійного переносу домішки здійснюється за допомогою різницевих схем та методу розщеплення. Моделююче рівняння масопереносу розщеплюється на три рівняння: перше рівняння описує конвективний

перенос домішки, друге рівняння – перенос домішки за рахунок дифузії, третє рівняння описує зміну концентрації домішки внаслідок дії джерела емісії. Далі будуються неявні кінцево-різницеві схеми, що дозволяють розв’язати рівняння розщеплення. Особливістю використаних різницевих схем є те, що на кожному кроці розщеплення розрахунок здійснюється за явною формулою. Це дозволяє створити простий алгоритм розрахунку концентрації домішки в умовах штилю та інверсії. Для виконання обчислень застосовуються стандартні метеорологічні дані регіону.

Розроблені чисельні моделі використовувалися для розрахунків зон ризику на Придніпровській ТЕС за умов штилю, інверсії та конвекції.

Також представлені результати верифікації розроблених моделей та комп’ютерного моделювання забруднення повітря при викидах пилу з вугільних штабелів і хвостосховищ із застосуванням водяних систем пригнічення пилу та бар’єрів, що зменшують пилоутворення.

#### **Список використаної літератури:**

1. Біляєв М. М., Берлов О. В., Кіріченко П. С. Математичне моделювання в задачах промислової безпеки та охорони праці. Кривий Ріг, Вид. Р. А. Козлов : 2017. – 130 с.

2. Біляєв М. М., Біляєва В. В., Берлов О. В., Козачина В. А. CFD моделювання в аналізі ефективності систем захисту довкілля та працівників на робочих місцях. Дніпро : Журфонд, 2022. – 268 с.

## **ТЕХНОЛОГІЇ ОПТИМІЗАЦІЇ ФУНКЦІЙ ЧУТЛИВОСТІ ВИМІРЮВАЛЬНИХ КАНАЛІВ В ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНИХ СИСТЕМАХ**

Технології оптимізації функцій чутливості вимірювальних каналів в інтелектуальних інформаційно-вимірювальних системах (ІВС) є критичним напрямом, який дозволяє підвищити точність та ефективність обробки даних. Чутливість вимірювальних каналів впливає на здатність системи виявляти зміни в об'єктах контролю та умовах, тому її оптимізація дозволяє забезпечити високоякісну передачу інформації навіть у складних умовах.

Ось кілька основних підходів до оптимізації чутливості:

**1. Адаптивні алгоритми обробки сигналів** – використання адаптивних методів для динамічного налаштування параметрів вимірювальних каналів залежно від умов оточення чи характеристик сигналів. Це дозволяє підвищити точність і зменшити вплив шуму.

**2. Застосування штучного інтелекту та машинного навчання** – використання моделей машинного навчання для прогнозування змін у чутливості вимірювальних каналів і автоматичного корегування. Це допомагає системі ефективно адаптуватися до змін у реальному часі.

**3. Фільтрація та декомпозиція сигналів** – застосування методів фільтрації для відокремлення корисних сигналів від шумів та покращення співвідношення сигнал/шум. Популярними методами є вейвлет-фільтрація та адаптивні фільтри.

**4. Калібрування та самоорганізація** – впровадження функцій автоматичного калібрування та адаптації системи, що допомагає коригувати параметри вимірювальних каналів для збереження високої точності.

**5. Аналіз чутливості та оптимізація параметрів** – аналіз параметрів вимірювальних каналів для визначення найчутливіших до змін характеристик, а також оптимізація цих параметрів для мінімізації похибок.

Застосування цих технологій дозволяє ІВРС не лише підвищити точність вимірювань, але й поліпшити надійність системи, її здатність до самоадаптації, а також знизити споживання енергії та обчислювальні витрати. Оптимізація функцій чутливості вимірювальних каналів в інтелектуальних інформаційно-вимірювальних системах (ІВРС) є важливим аспектом для підвищення точності та надійності роботи таких систем. Основна мета оптимізації полягає в тому, щоб мінімізувати похибки вимірювань і забезпечити високу чутливість системи до цільових параметрів. Нижче наведено основні способи оптимізації функцій чутливості в ІВРС:

1. Корекція систематичних похибок. Використання математичних моделей для корекції систематичних похибок у вимірювальних каналах, що дозволяє зменшити вплив зовнішніх чинників, таких як температура, вологість, та інші фактори, які можуть спотворювати результати вимірювань. Методи автоматичної корекції з використанням зворотного зв'язку, які постійно коригують дані, базуючись на попередньо накопичених даних і трендах.

2. Калібрування і налаштування. Регулярне калібрування обладнання для підвищення точності вимірювань. Калібрування може бути автоматичним, на основі внутрішніх еталонів, або за допомогою зовнішніх стандартів. Оптимізація налаштувань датчиків і чутливих елементів відповідно до специфічних умов експлуатації для підвищення стабільності й точності вимірювальних каналів.

3. Фільтрація та згладжування сигналу. Використання фільтрів, таких як фільтри Калмана, медіанних або низькочастотних фільтрів, для зменшення шуму і покращення точності вимірювання. Алгоритми згладжування



сигналу, які мінімізують випадкові коливання, дозволяючи системі більш точно оцінювати значення цільових параметрів.

4. Адаптивні алгоритми обробки даних. Адаптивні алгоритми, які автоматично налаштовуються під зміни в умовах середовища або в характеристиках обладнання. Використання методів машинного навчання для виявлення та виправлення трендів у вимірюваннях, що дозволяє покращити точність і швидкість реакції системи на зміни параметрів.

5. Оптимізація за допомогою генетичних алгоритмів. Генетичні алгоритми для вибору оптимальних параметрів чутливих елементів і конфігурації системи, які дозволяють знайти найкращі параметри для конкретних умов експлуатації. Ці алгоритми моделюють еволюційний процес, де параметри системи змінюються, і зберігаються лише найефективніші конфігурації, що дозволяє досягти оптимального балансу між швидкістю вимірювання і точністю.

6. Застосування методів байєсової оптимізації. Байєсова оптимізація для пошуку найкращих параметрів функцій чутливості при мінімальній кількості експериментів або випробувань. Це дозволяє економити час і ресурси, зберігаючи при цьому високу ефективність системи. Даний метод застосовується для налаштування чутливості системи на основі ймовірнісних моделей, що робить процес більш гнучким і адаптивним до змінних умов.

7. Застосування методів факторного аналізу. Факторний аналіз дозволяє визначити найбільш впливові фактори на результати вимірювань, що допомагає зосередитися на їх корекції та покращенні чутливості. Метод дозволяє скоротити обсяг вимірюваних даних, зменшуючи навантаження на систему і покращуючи точність вимірювань.

8. Використання редундантних вимірювальних каналів. Створення резервних вимірювальних каналів, які дублюють основні вимірювання, що дозволяє підвищити надійність і точність результатів. Порівняння даних з

різних каналів допомагає виявити помилки і усунути їх вплив на кінцевий результат.

Оптимізація функцій чутливості вимірювальних каналів в ПВС є складним і багатогранним процесом. Вибір конкретних методів залежить від технічних характеристик системи, умов експлуатації та необхідного рівня точності. Використання адаптивних і інтелектуальних підходів дозволяє забезпечити високу точність і надійність вимірювань у сучасних інформаційно-вимірювальних системах.

#### **Перелік посилань:**

1. ICHIKAWA, K., KANAI, K., & OSHIMA, H. (1969). Optimal Control Theory due to Parameter Optimization Method and its Application to The Design of Optimal Control Equipment for Aircraft. *Journal of the Japan Society for Aeronautical and Space Sciences*, 17(186). <https://doi.org/10.2322/jjsass1969.17.259>.

2. Ren, X. (2024). Parameter adaptive optimization algorithm of intelligent power system based on internet of things technology. *International Journal of Thermofluids*, 21. <https://doi.org/10.1016/j.ijft.2024.100594>.

3. Roshdy, A., al Kork, S., Beyrouthy, T., & Nait-ali, A. (2023). Simplicial Homology Global Optimization of EEG Signal Extraction for Emotion Recognition. *Robotics*, 12(4). <https://doi.org/10.3390/robotics12040099>.

*Гончаренко А. В., студент групи ММ-61-23*

*Харківський національний автомобільно-дорожній університет*

## **МЕТОД КОНТРОЛЮ ДАТЧИКІВ ТИСКУ В БАГАТОКАНАЛЬНИХ ВИМІРЮВАЛЬНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМАХ**

В наш час контроль датчиків тиску в багатоканальних системах проводиться на спеціалізованих стендах, а на це витрачається багато часових

і фінансових ресурсів. Перспективним є впровадження бездемонтажних методів контролю, серед яких виділяється метод аналізу шумів [1]. Основним недоліком цього методу є використання гідродинамічних шумів у вимірювальній лінії, некогерентне накопичення яких вимагає тривалого часу. Головна ідея нового методу складається в тому, що принцип визначення постійної часу датчика тиску реалізується з використанням високоенергетичних сигналів, тобто сигналів тиску разом з шумами. Це збільшує швидкість вилучення шумів з багатовимірних сигналів для подальшого їх оброблення і визначення постійних часу.

Умовою застосування методу є максимальне усунення зовнішніх шумів і використання датчиків тиску з широкою смугою пропускання, щоб вони мінімально спотворювали вимірювальну інформацію. Після дискретизації багатовимірних сигналів отримують матрицю вихідних значень, над якою проводиться операція декомпозиції сингулярних значень [2]. Перше сингулярне значення набагато перевищує наступні значення, що свідчить про те, що перша парціальна матриця описує основні фізичні процеси, тобто вхідні сигнали, а друга та наступні парціальні матриці описують шуми вимірювальної системи. Ці шуми отримують за дуже короткий час, що є перевагою нового методу над методом аналізу шумів. Спектральна щільність отриманих шумів схожа з аналогічною щільністю білих шумів і може використовуватися для оцінки постійної часу датчиків точно так, як це робиться в методі аналізу шумів.

#### **Список використаної літератури:**

1. Hashemian X. M. Maintenance of Process Instrumentation in Nuclear Power Plants. – Springer, 2006. – 326 p.
2. Xianbo Yin, Yang Xu, Xiaowei Sheng and Yan Shen. Signal Denoising Method Using AIC–SVD and Its Application to Micro-Vibration in Reaction Wheels. – Sensors, 2019, 19, 5032, pp. 1 – 18.

*Єгоров Н. О., магістр*

*Медведовська Я. С., к.т.н., доцент*

*Харківський національний автомобільно-дорожній університет*

## **ВАЖЛИВІСТЬ ІНФОРМАЦІЙНОЇ БЕЗПЕКИ ДЛЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

Інформація – це ключовий ресурс для будь-якої організації або підприємства, оскільки впливає на прийняття рішень, планування стратегій, управління ризиками та на загальний успіх. Загалом інформація – основа для успішного функціонування та розвитку організації, і її ефективне управління може суттєво підвищити ймовірність досягнення поставлених цілей.

Також інформація є важливим компонентом інформаційних технологій з наступних причин:

1. Основний ресурс. Дані, які збираються, обробляються і передаються за допомогою технологій, є основою для прийняття рішень, аналізу та розробки нових продуктів та послуг;

2. Підтримка прийняття рішень. Якісна інформація дозволяє прийняти більш обґрунтовані та зважені рішення;

3. Автоматизація процесів. Інформаційні технології дозволяють автоматизувати багато процесів на виробництві, що істотно підвищує ефективність роботи всього підприємства загалом;

4. Комунікація. Інформація виступає інструментом обміну знаннями та спонукає до співпраці між людьми;

5. Інновації та розвиток.

6. Захист і безпека. Обробка і зберігання інформації вимагають розробки систем безпеки для захисту від небажаного доступу, втрати або розкриття важливих даних. Інформаційна безпека є важливою складовою успішного використання інформаційних технологій.

Інформаційна безпека – це комплекс заходів, правил та технологій, що спрямований на захист інформації від несанкційного доступу, використання, розголошення, зміни або знищення. Основні аспекти інформаційної безпеки включають:

1. Конфіденційність, а саме забезпечення доступу до інформації лише тим особам, які мають на це право/дозвіл. Дані повинні бути захищені від несанкційного доступу;

2. Цілісність, а саме гарантування, що вся інформація залишиться у незмінному стані та точною. Це передбачає захист від неправомірних змін та модифікацій;

3. Доступність, а саме забезпечення того, що авторизовані користувачі можуть отримати доступ до інформації і систем у потрібний час та у певному потрібному обсязі;

4. Автентифікація, а саме перевірка особи або системи, що прагне отримати доступ до інформації. Ця перевірка може представляти собою паролі, біометрію, токени та інші методи;

5. Незворотність, а саме забезпечення беззаперечного встановлення того факту, що певна особа брала участь у певній транзакції;

6. Управління ризиками, а саме можливість проводити оцінку загроз та слабких місць інформаційних систем і можливість застосовувати певних заходів для їх зменшення.

Методами забезпечення інформаційної безпеки можуть виступати використання антивірусного програмного забезпечення, шифрування, регулярного оновлення систем і програм, а також навчання співробітників принципам безпеки.

Інформаційна безпека є важливою не тільки для підприємств та організацій, але й для приватних осіб, оскільки безпечне зберігання і обробка інформації допомагає запобігти шахрайству, крадіжкам даних та іншим загрозам.

В Україні ці питання регламентуються стандартом ДСТУ ISO/IEC 27001:2023 Інформаційна безпека, кібербезпека та захист конфіденційності. Системи керування інформаційною безпекою. Вимоги (ISO/IEC 27001:2022, IDT). Він визначає вимоги до систем управління інформаційною безпекою в організаціях та на підприємствах. Основна мета стандарту – забезпечити конфіденційність, цілісність та доступність інформації.

Цей Стандарт підтримує організації у забезпеченні надійного захисту інформації та створення довіри серед клієнтів та партнерів, що є критично важливим в умовах сучасного бізнес-середовища.

Особливо важливим питанням забезпечення захисту інформації в Україні постало з початком військових конфліктів та інцидентів, пов'язаних із кіберзагрозами з боку держав-агресорів. Україна зазнала значних кібератак, які мали на меті дестабілізувати країну, задати шкоди інфраструктурі та підірвати довіру до державних інститутів. Наприклад, атака на електромережі в 2015 році (BlackEnergy) та масштабна атака на інформаційні системи у 2017 році (NotPetya), які завдали значних збитків.

Попри чисельні виклики, окрім залучення міжнародних стандартів у своє законодавство, Україна постійно активно співпрацює з міжнародними організаціями та іншими країнами для зміцнення своїх можливостей у сфері кібербезпеки, що включає обмін інформацією та набутим досвідом про загрози, навчання та тренування.

### **Література:**

1. Остроухов В. В., Присяжнюк М. М. Інформаційна безпека: підручник. Київ: Видавництво Ліра-К, 2021. 412 с.
2. ДСТУ ISO/IEC 27001:2023 Інформаційна безпека, кібербезпека та захист конфіденційності. Системи керування інформаційною безпекою. Вимоги (ISO/IEC 27001:2022, IDT). [Чинний від 2023-08-22]. Вид. офіц. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2023.

3. Гужій А., Возненко Л. Основи інформаційних технологій: навч. пос. для здоб. проф. (проф.-техн.) освіти. Київ: Літера ЛТД, 2023. 288 с.

4. Бурячок В. Л., Толубко В. Б. Інформаційна та кібербезпека: соціотехнічний аспект: підручник. Київ: ДУТ, 2015. 288 с.

*Звягін Г. О., студент ММ-61-23*

*Харківський національний автомобільно-дорожній університет*

## **ТЕХНОЛОГІЯ ПРОГНОЗУВАННЯ МЕТРОЛОГІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК В ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ІНФОРМАЦІЙНО- ВИМІРЮВАЛЬНИХ СИСТЕМАХ**

Прогнозування метрологічних характеристик в інтелектуальних інформаційно-вимірювальних системах є важливим елементом для забезпечення точності, надійності й стабільності вимірювань у складних і динамічних умовах. Технологія прогнозування передбачає використання сучасних методів обробки даних, математичного моделювання, машинного навчання та нейронних мереж для аналізу тенденцій змін метрологічних характеристик приладів і систем.

Основні етапи технології прогнозування метрологічних характеристик включають [1-5]:

**1. Збір та обробка даних** – збирання історичних даних про вимірювання, температурні коливання, навантаження тощо, які впливають на роботу вимірювальної системи.

**2. Аналіз тенденцій** – використання статистичних методів для виявлення трендів та закономірностей у змінах метрологічних характеристик.

**3. Моделювання** – створення моделей, які описують динаміку змін метрологічних характеристик на основі історичних даних. Це можуть бути як

лінійні регресійні моделі, так і більш складні моделі на основі штучних нейронних мереж.

**4. Прогнозування** – застосування моделей для передбачення майбутніх змін метрологічних характеристик. Застосовуються методи, такі як ARIMA (авторегресійна інтегрована модель ковзного середнього), методи машинного навчання, нейронні мережі та інші адаптивні алгоритми.

**5. Оцінка точності** – порівняння отриманих прогнозів із фактичними даними для визначення похибок і коригування моделі.

**6. Впровадження корекцій** – використання результатів прогнозування для налаштування або корекції параметрів системи з метою підтримання необхідної точності вимірювань.

Застосування таких технологій є особливо важливим у розумних системах, де вимірювальна апаратура може самостійно адаптуватися до змін умов навколишнього середовища, автоматично коригуючи свої налаштування та мінімізуючи похибки [2,4].

Прогнозування метрологічних характеристик в інтелектуальних інформаційно-вимірювальних системах є важливим для забезпечення їхньої точності та надійності. Сучасні методи прогнозування використовують математичні моделі, алгоритми машинного навчання та спеціалізовані методи обробки даних. Ось основні методи та способи прогнозування метрологічних характеристик у таких системах [1-5]:

1. Методи екстраполяції. Лінійна екстраполяція заснована на припущенні, що метрологічні характеристики змінюються лінійно з часом. Цей метод простий у реалізації, проте точність його обмежена. Поліноміальна екстраполяція дозволяє описувати нелінійні залежності, використовуючи поліноми вищих ступенів. Ефективна для прогнозування за умови помірних нелінійностей у даних.

2. Методи регресії. Лінійна регресія підходить для прогнозування, коли між характеристиками є лінійна залежність. Нелінійна регресія



використовується для складніших залежностей, враховуючи специфіку метрологічних характеристик та вплив різних факторів. Багатофакторна регресія допомагає врахувати вплив кількох параметрів на метрологічні характеристики, що актуально для складних систем.

3. Методи аналізу часових рядів. ARIMA (Autoregressive Integrated Moving Average) – популярний метод для аналізу та прогнозування часових рядів, ефективний для прогнозування характеристик, що мають сезонні чи циклічні коливання. Експоненційне згладжування забезпечує вагому роль останнім значенням, що особливо корисно для даних із швидкими змінами. Гармонійний аналіз використовується для прогнозування параметрів із вираженими періодичними змінами.

4. Методи машинного навчання. Нейронні мережі здатні обробляти великі обсяги даних та виявляти приховані закономірності у змінах метрологічних характеристик. Методи кластеризації використовуються для ідентифікації схожих за поведінкою груп характеристик, що дозволяє будувати моделі для кожної групи окремо. Древа рішень та Random Forest дозволяють створювати моделі прогнозування на основі сукупності правил, що підвищує точність прогнозу в разі складних нелінійних взаємодій параметрів.

5. Фізико-математичне моделювання. Моделювання деградаційних процесів – для прогнозування змін характеристик, спричинених зношенням або старінням компонентів системи. Методи кінетики процесів оцінюють динаміку змін метрологічних характеристик з урахуванням температури, вологості, навантажень тощо.

6. Фільтри Калмана та Байєсові методи. Фільтр Калмана ефективний для обробки сигналів у реальному часі, дозволяє зменшити шум і підвищити точність прогнозування. Байєсове прогнозування базується на ймовірнісних підходах, де моделюється апостеріорна ймовірність для оцінювання поточного стану системи.

7. Методи на основі нечіткої логіки та генетичних алгоритмів. Нечітка логіка корисна для роботи з нечіткими або неточними даними, дозволяє створювати моделі прогнозування на основі правил, сформованих експертами. Генетичні алгоритми використовуються для оптимізації моделей прогнозування, дозволяючи адаптувати параметри моделей під конкретні умови.

Використання комплексного підходу, який поєднує кілька методів прогнозування, дозволяє покращити точність і надійність прогнозування метрологічних характеристик в інтелектуальних інформаційно-вимірювальних системах.

#### **Перелік посилань:**

1. Kriti, & Agarwal, R. (2023). Use of Metrological Characteristics in Ultrasound Imaging and Artificial Intelligence Techniques for Disease Prediction in Soft Tissue Organs. In *Handbook of Metrology and Applications*. [https://doi.org/10.1007/978-981-99-2074-7\\_132](https://doi.org/10.1007/978-981-99-2074-7_132).

2. *Metrological reliability in measurement - ScienceDirect*. (n.d.). Retrieved August 18, 2023, from <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0263224183900180>.

3. Prokopchina, S. v. (2022). Intelligent Sensor Networks in Industry 5.0. Generalized Concept of Creating Digital Platforms for Managing Complex Systems Based on a Regularizing Bayesian Approach. *Proceedings of 2022 25th International Conference on Soft Computing and Measurements, SCM 2022*. <https://doi.org/10.1109/SCM55405.2022.9794889>.

4. Tari, L., Molinara, M., & Ferrigno, L. (2023). Load Profile Analysis in Electrical Systems: The Impact of Electrical Signature and Monitoring Quality in the Energy Digitalization Process. *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, 72. <https://doi.org/10.1109/TIM.2023.3302387>.

5. Wiener, U. E. (1983). Metrological reliability in measurement. *Measurement*, 1(3), 133–138. [https://doi.org/10.1016/0263-2241\(83\)90018-0](https://doi.org/10.1016/0263-2241(83)90018-0).

*Карпенко Є. С., магістр*

*Науковий керівник: Крайнюк О. В., к.т.н., доцент*

*Харківський національний автомобільно-дорожній університет*

## **ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ ТЕХНОЛОГІЇ ВИМІРЮВАННЯ ШУМУ В РОБОЧІЙ ЗОНІ МАШИННО-ТРАКТОРНИХ СИСТЕМ**

Метою роботи стало підвищення рівня безпеки та комфорту операторів завдяки інтеграції сенсорних систем, які відстежують шумове навантаження в реальному часі й формують інформацію для прийняття рішень.

Негативний вплив шуму на здоров'я операторів проявляється у зниженні продуктивності, підвищенні рівня стресу і підвищеному ризику виникнення професійних захворювань. Крім того, постійне шумове навантаження знижує точність виконання операцій, що може збільшувати ризики аварійних ситуацій. Оператори машинно-тракторних систем, особливо у зонах з підвищеними вимогами до безпеки, потребують сучасних засобів моніторингу, що забезпечать інформацію для своєчасного реагування.

Основними компонентами інтелектуальних технологій моніторингу шуму є:

- Сенсори IoT – це високочутливі мікрофони, які можуть вимірювати інтенсивність і частоту шуму та передавати дані в режимі реального часу на центральні сервери для обробки.

- Алгоритми обробки даних, оскільки обробка даних на основі алгоритмів машинного навчання дозволяє точно визначати джерела шуму, його параметри та створювати прогнози щодо динаміки шумового навантаження.

- Системи прийняття рішень. Алгоритми можуть автоматично генерувати попередження оператору, коли рівень шуму перевищує

допустимий поріг, або рекомендувати зміну режиму роботи техніки для зниження навантаження.

Сенсори, розміщені на техніці, передають інформацію про рівень шуму до центральної системи обробки. У разі виявлення перевищення допустимих значень, система може виконати ряд дій, зокрема:

- надіслати попередження оператору про небезпеку;
- рекомендувати зміну режиму роботи техніки;
- у критичних випадках автоматично знизити швидкість або зупинити роботу машини, щоб уникнути перевищення допустимих рівнів шуму.

Запровадження таких інтелектуальних систем дозволяє підвищити безпеку операторів, знизити рівень стресу та зменшити ризики виникнення професійних захворювань. Оператори отримують можливість постійно контролювати стан свого робочого середовища, що підвищує їхню ефективність і знижує ризики аварій.

Інтелектуальні системи моніторингу шуму є перспективними технологіями, які сприяють підвищенню безпеки й комфорту праці операторів машинно-тракторних систем на техногенно небезпечних об'єктах. Їх впровадження дозволяє своєчасно реагувати на перевищення допустимих рівнів шуму, підвищує продуктивність праці й знижує ризик аварійних ситуацій, що важливо для безпечної експлуатації техніки в умовах підвищеного ризику.

Моніторинг та реагування на рівень шуму є систематичним процесом, що забезпечує безпечні умови праці в робочих зонах машинно-тракторних систем (рис. 1). Спочатку відбувається ініціалізація системи, що включає перевірку функціонування сенсорів та встановлення порогових значень шуму відповідно до діючих стандартів. Потім сенсори фіксують рівень шуму в реальному часі, передаючи отримані дані до централізованої системи збору інформації.

Дані обробляються, що дозволяє аналізувати середній, максимальний і мінімальний рівні шуму, а також проводити спектральний аналіз сигналів для виявлення можливих аномалій.



Рисунок 1 – Моніторинг та реагування на рівень шуму дорожньо-будівельних машин

На основі отриманих даних проводиться оцінка рівня шуму, порівнюючи його з встановленими пороговими значеннями, що дозволяє класифікувати шум як низький, середній чи високий. При низькому рівні шуму моніторинг продовжується, тоді як при середньому рівні оператор отримує попередження з рекомендаціями. У разі високого рівня шуму система автоматично знижує швидкість роботи обладнання або зупиняє його, активуючи аварійну сигналізацію.

Після реалізації заходів проводиться повторне оцінювання рівня шуму для перевірки ефективності вжитих дій, а також коригування алгоритму на основі отриманих даних та зворотного зв'язку. Завершується процес формування підсумкового звіту, в якому аналізується рівень шуму протягом робочого циклу і надаються рекомендації для подальших дій.

Моніторинг та реагування на рівень шуму в робочих зонах машинно-тракторних систем є критично важливими для забезпечення безпеки праці та збереження здоров'я операторів. Запровадження системи, що базується на сучасних інформаційно-вимірювальних технологіях, дозволяє здійснювати точний і своєчасний контроль за шумовим навантаженням. Важливою складовою цього процесу є автоматизація збору та аналізу даних, що підвищує оперативність реагування на зміни в рівні шуму.

Застосування чітко визначених порогових значень для оцінки шуму дозволяє швидко класифікувати ситуації та вживати необхідні заходи для зниження ризиків. Система не лише надає оператору важливу інформацію, але й активно реагує на критичні ситуації, що знижує ймовірність небезпечних наслідків. Регулярне повторне оцінювання та формування звітів про рівень шуму допомагає виявити тенденції та вдосконалити управлінські рішення.

Таким чином, інтеграція моніторингу шуму в систему управління робочими процесами сприяє покращенню безпеки та ефективності роботи,

підвищує відповідність сучасним стандартам безпеки праці і, врешті-решт, забезпечує більш комфортні умови для персоналу.

*Коваль Д. О., студентка гр. ММ-31-22*

*Харківський національний автомобільно-дорожній університет*

## **ВЕЙВЛЕТ-АНАЛІЗ ДАНИХ ВИМІРЮВАНЬ В ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІЙ ВИМІРЮВАЛЬНІЙ СИСТЕМІ ТИСКУ**

Вейвлет-аналіз є потужним інструментом для обробки та аналізу сигналів, особливо коли мова йде про змінні в часі процеси, як-от вимірювання тиску в інтелектуальних вимірювальних системах. Такий підхід дозволяє виявляти особливості сигналів на різних масштабах, аналізувати локальні коливання, шуми та аномалії, що важливо для створення більш ефективних систем контролю і прогнозування.

У інтелектуальних вимірювальних системах тиску, де сигнали можуть бути піддані випадковим шумам або змінюватись через динаміку процесу, вейвлет-аналіз дозволяє провести:

1. Фільтрацію шуму – вейвлет-фільтрація допомагає зменшити вплив шуму, зберігаючи при цьому важливу інформацію.

2. Аналіз перехідних процесів – вейвлети дозволяють виділити короткотривалі переходи в сигналі, які можуть сигналізувати про зміни в системі.

3. Детектування аномалій – вейвлет-аналіз допомагає знайти аномальні зміни тиску, що можуть вказувати на несправність системи або несподівані зміни у процесі.

4. Компресію даних – вейвлети також використовуються для зменшення обсягу даних, зберігаючи при цьому основні характеристики сигналу.

Технологія вейвлет-перетворення полягає в наступному. Основою вейвлет-аналізу є перетворення сигналу в інші простори, де його компоненти розглядаються на різних масштабах. Існує кілька типів вейвлет-перетворень, серед яких:

- Дискретне вейвлет-перетворення (DWT) – використовується для аналізу сигналів на кінцевих наборах даних;
- Неперервне вейвлет-перетворення (CWT) – дозволяє побудувати більш детальний спектральний розклад.

Приклад застосування. Припустимо, що в системі тиску є датчики, які реєструють зміни тиску з високою частотою. Застосувавши дискретне вейвлет-перетворення до цього сигналу можна виділити низькочастотні компоненти, що представляють основний тренд і високочастотні компоненти, які можуть містити інформацію про мікробурення або короткочасні зміни.

Переваги вейвлет-аналізу для інтелектуальних систем:

1. Можливість локального аналізу – вейвлети дозволяють зосередитися на конкретних часових діапазонах без необхідності розділяти сигнал на окремі ділянки.
2. Адаптивність до складних сигналів – вейвлети здатні аналізувати сигнали з нерегулярними коливаннями, що є важливим для складних і змінних процесів.
3. Зменшення обсягу даних – стиснення сигналу зберігає ключові характеристики і дозволяє ефективніше використовувати пам'ять і обчислювальні ресурси.

Для виконання вейвлет-аналізу даних вимірювань тиску потрібно виконати:

- Згладжування сигналу за допомогою ковзаючого середнього.
- Проведення вейвлет-аналізу сигналу. Виконується за допомогою комплексної вейвлет-функції Морле, що підходить для аналізу тиску.



— Побудову графіків вихідного сигналу, масштабограми та скалеограми. Масштабограма візуалізує коефіцієнти вейвлетів по масштабам. Скалеограма показує потужність коефіцієнтів вейвлетів згідно з масштабами.

Розглянемо використання вейвлет-аналізу даних вимірювань в інтелектуальній вимірювальній системі тиску. На рис. 1 приведено оригінальний (необроблений) згладжений ковзаючим середнім значенням за 5 вимірів сигнал на виході вимірювального каналу тиску. На рис. 2 приведена його масштабограма, а на рис. 3 – скалеограма.

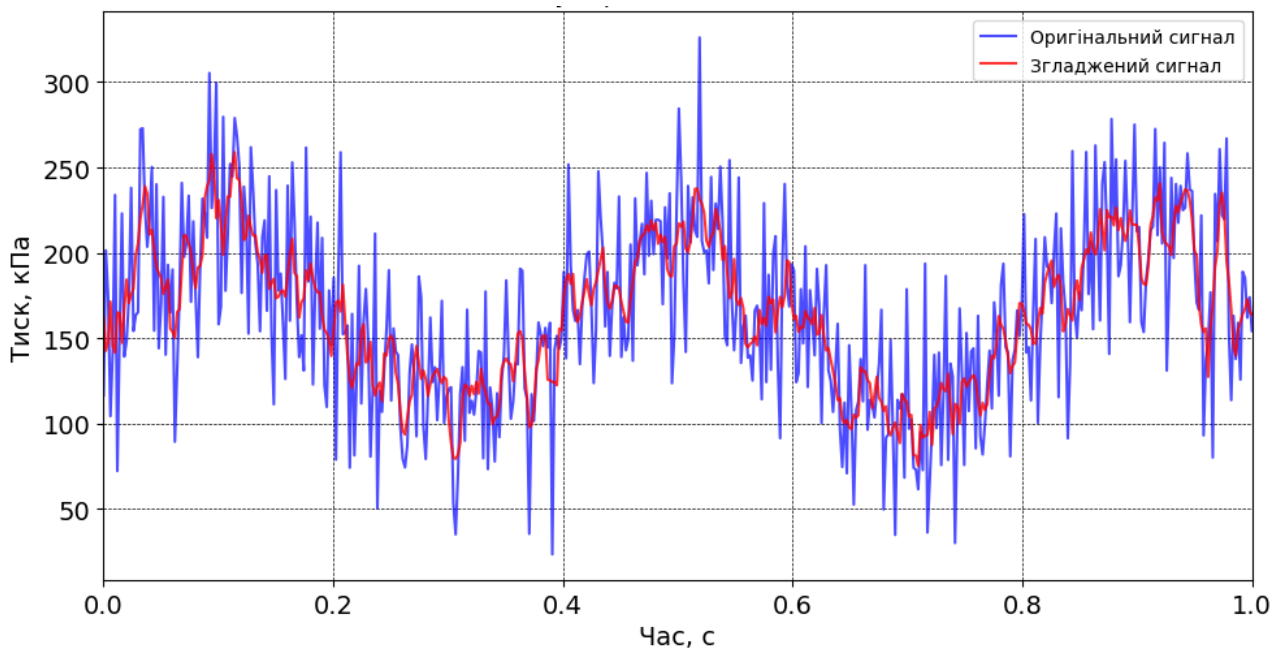


Рисунок 1– Сигнал тиску (оригінальний і згладжений)

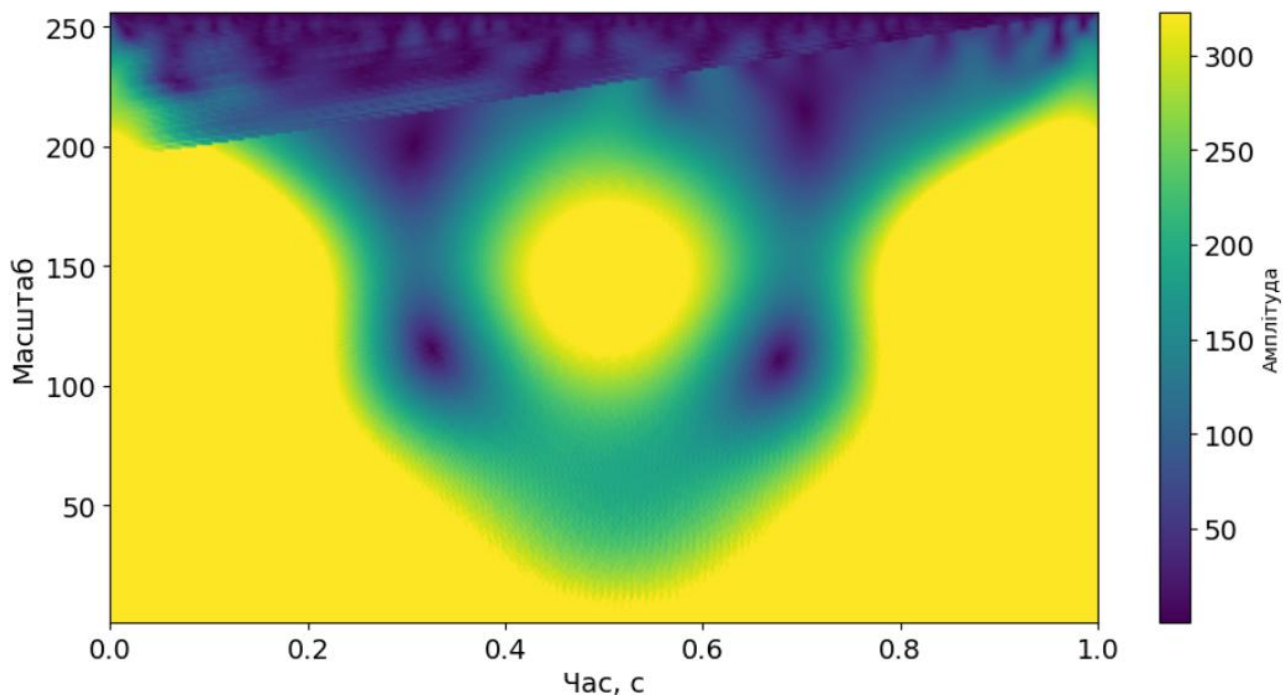


Рисунок 2 – Масштабограма (величина вейвлет-коефіцієнтів)

Обидві графіки, масштабограма (рис. 2) та скалеограма (рис. 3) використовуються для аналізу результатів безперервного вейвлет-перетворення і можуть доповнювати одна одну. Однак кожна з них має своє специфічне призначення:

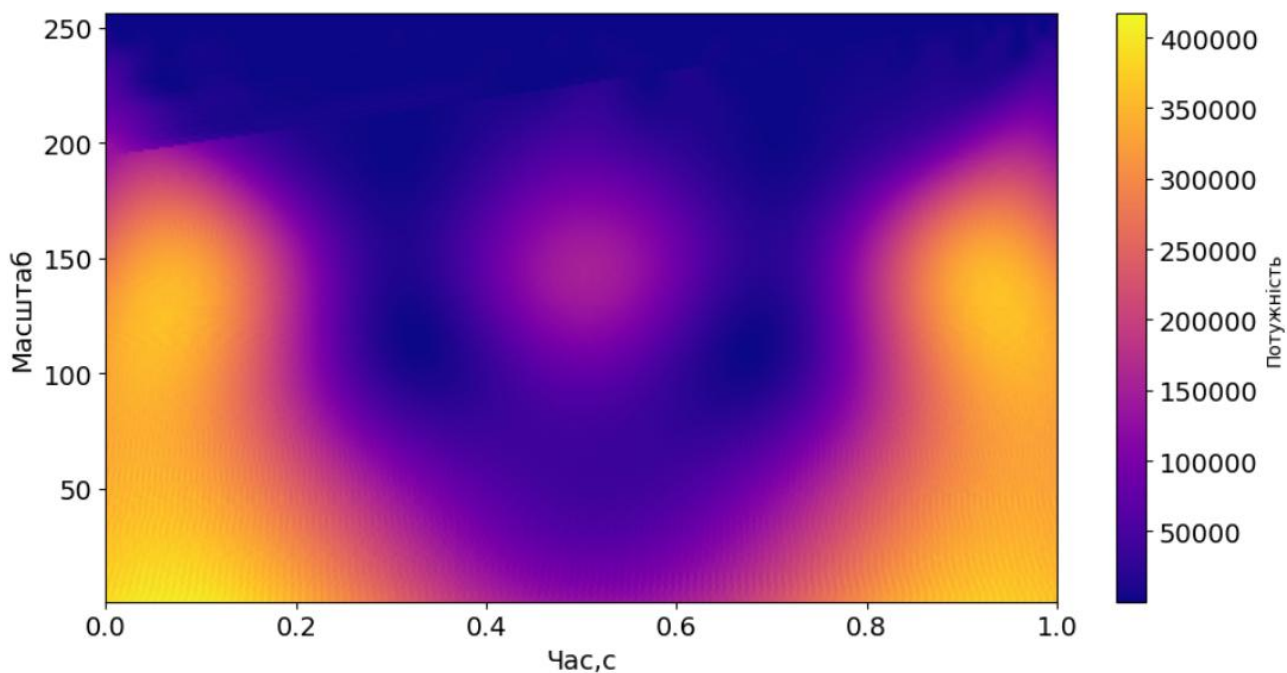


Рисунок 3 – Скалеограма (потужність вейвлет-коефіцієнтів)

1. Масштабограма відображає модулі (або абсолютні значення) коефіцієнтів вейвлет-перетворення на різних масштабах. Вона підходить для виявлення основних структур, змін частоти та амплітуди сигналу на різних масштабах. Це корисно для знаходження локальних особливостей у сигналі (наприклад, піків або аномалій). Масштабограму використовувати слід якщо цікавлять зміни амплітуди сигналу в залежності від масштабу і місця у часі.

2. Скалеограма представляє потужність (або квадрат модуля) коефіцієнтів, яка є мірою енергії сигналу на кожному масштабі. Скалеограма краще показує загальну енергію на різних масштабах і є більш чутливою до дрібних змін у сигналі, оскільки підсилює вагомість великих коефіцієнтів. Скалеограму краще використовувати якщо необхідно виявити області із високою енергією або оцінити інтенсивність змін сигналу по масштабах.

Що краще обрати? Для візуалізації чітких змін та локальних особливостей у сигналі зазвичай обирають масштабограму. Для оцінки енергії сигналу на різних масштабах та для більш інтенсивного підкреслення значущих частотних компонентів підходить скалеограма. Залежно від мети аналізу, можна використовувати або масштабограму, або скалеограму.

Таким чином, вейвлет-аналіз є ефективним методом для моніторингу та аналізу сигналів тиску в інтелектуальних системах, покращуючи їхню точність і здатність до своєчасного реагування на зміну умов.

#### **Перелік посилань:**

1. Chaves Osorio, J., Cortes Osorio, J., & Medina Aguirre, F. (2007). Del análisis de fourier a las wavelets análisis de fourier. *Scientia et Technica*, 2(34).

2. Mardiana, L., & Juniati, D. (2023). Penerapan dimensi fraktal higuchi dan k-nearest neighbor (knn) dalam klasifikasi kondisi kucing berdasarkan suara. *MATHunesa: Jurnal Ilmiah Matematika*, 11(2).  
<https://doi.org/10.26740/mathunesa.v11n2.p82-91>.

3. Herman, S., Studi, P., Mesin, T., Mesin, J. T., Teknik, F., Sriwijaya, U., Saputra, R. A., IRLANE MAIA DE OLIVEIRA, Rahmat, A. Y., Syahbanu, I.,

Rudiyansyah, R., Sri Aprilia and Nasrul Arahman, Aprilia, S., Rosnelly, C. M., Ramadhani, S., Novarina, L., Arahman, N., Aprilia, S., Maimun, T., Jihannisa, R. (2019). Mekanisme Removable Watermarking Melalui Metode Subsampling Menggunakan Metode Transformasi Wavelet Diskrit. *Jurusan Teknik Kimia USU*, 3(1).

*Кравченко В. П., магістр*

*Харківський національний автомобільно-дорожній університет*

## **СУЧАСНИЙ СТАН РОЗВИТКУ ВИМІРЮВАЛЬНИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

Розвиток вимірювальних технологій на сучасному етапі визначається не стільки запровадженням нових методів вимірювань та нових структур засобів вимірювання, а використанням потенціалу існуючих цифрових методів обробки інформації, можливостей апаратного та програмного забезпечення, сучасних тенденцій розвитку інтегральних технологій для поєднання вимірювальних функцій в одному технологічному елементі, а також сукупних методів вимірювання, контролю та діагностики.

Успішне впровадження новітніх технологій та унікального обладнання неможливе без удосконалення вимірювальних технологій, технологій контролю та діагностування та їх метрологічного забезпечення. Однак необхідно виділити такі фактори, які мають стримуючий характер їх розвитку:

- недостатня точність різних методів та засобів вимірювання;
- відсутність точних і досить чутливих датчиків різних величин, необхідні реалізації моніторингу процесів у реальному масштабі часу та створення систем управління як новими технологічними процесами, а й умовами довкілля;

- відсутність стандартів, еталонів, відповідних систем одиниць, протоколів для оцінки якості створюваних технологій, включаючи недостатні сумісність та взаємодію програмного та апаратного забезпечення пристроїв управління технічних засобів, що розробляються.

Розвиток інформаційно-вимірювальних систем (ІС) доцільно розглядати у двох аспектах (структурному та функціональному): інтегрування різних підсистем та широке використання обчислювальної техніки, перехід до систем із гнучкою структурою; зростання числа функцій, перенесення центру тяжкості з вимірювальних функцій на інформаційні функції.

Таким чином, розвиток та вдосконалення вимірювальних пристроїв йде двома шляхами: вдосконалення параметрів елементної бази та доцільне ускладнення алгоритмів вимірювань і структур. Це викликано безперервним розширенням сфери застосування засобів вимірювань, підвищенням вимог до їх технічних характеристик та використанням нових технологій та фізичних явищ, які дозволяють удосконалювати як інформаційно-структурні елементи, так і структури в цілому. Технологічний шлях є одним із основних способів удосконалення вимірювальних пристроїв. Він ґрунтується на використанні нових фізичних явищ та технологій для створення більш досконалих елементів. Розвиток сучасних технологій йде шляхом збільшення ступеня інтеграції елементної бази та дозволяє виготовляти у вигляді єдиної інтегральної схеми цілі вузли вимірювальних пристроїв: аналого-цифрові та цифро-аналогові перетворювачі, окремі вимірювальні перетворювачі, пристрої сполучення тощо. Технологічний та інформаційно-структурний методи вдосконалення засобів зміни засобів вимірювання (ЗВ) взаємно доповнюють один одного. Одним з основних принципів структурного вдосконалення вимірювальних пристроїв є апаратна та тимчасова надмірність, що вводиться з метою отримання додаткової інформації для підвищення точності, швидкодії, стійкості до перешкод, тимчасової

стабільності ЗВ. При цьому одночасно вирішуються завдання зменшення впливу на результат виміру статичних та динамічних відхилень реальної функції перетворення від номінальної. Іншим основним принципом структурного вдосконалення ЗВ є принцип поділу функцій для реалізації максимальної точності основної функції перетворення за рахунок поділу функцій, що виконуються пристроєм загалом, на низку приватних функцій.

До основних тенденцій розвитку ІС та вимірювальних технологій: різке підвищення якості приладів - зниження похибок до 0,01 % і нижче; збільшення швидкодії до тисяч і навіть мільйонів вимірювань в 1 сек; підвищення надійності приладів та зменшення їх розмірів; розширення області застосування вимірювальної апаратури у напрямку вимірювання величин, що раніше не піддавалися вимірюванню, а також у напрямку посилення умов експлуатації приладів; повсюдний перехід до цифрових методів; подальший розвиток системного підходу до уніфікації вимірювальної апаратури; широке використання у всі засоби методів логічної та математичної обробки вимірювальної інформації, використання інтелектуальних вимірювальних систем.

Враховуючи останнє, необхідно відзначити актуальність використання як традиційних обчислювальних моделей, що реалізують прямі класичні методи, так і залучення нестандартного математичного апарату, а саме погано структурованих алгоритмів нечіткої логіки, м'яких обчислень та вимірювань, статистичних рішень в умовах апріорної невизначеності, розпізнавання образів та сцен, прийняття рішень на основі обмеженої чи невизначеної апріорної інформації, контекстно-залежного семантичного аналізу текстової інформації.

## **ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА ТЕХНОЛОГІЯ РОЗДІЛЕННЯ ШУМІВ І ПОХИБОК ВИМІРЮВАННЯ В БАГАТОКАНАЛЬНИХ ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНИХ СИСТЕМАХ**

Інформаційно-вимірювальні системи (ІВС) є основою для збору, обробки та аналізу даних у різних сферах: наукових дослідженнях, виробництві, медицині та інших. Однією з основних проблем у таких системах є наявність шумів та похибок, які можуть значно спотворювати отримані результати, впливаючи на точність і достовірність вимірювань. Важливим напрямом розвитку є розробка інтелектуальних технологій, здатних ефективно відокремлювати корисний сигнал від шуму та компенсувати похибки вимірювань. Це дає змогу підвищити якість і надійність отриманих даних.

**Сутність проблеми.** Шуми в багатоканальних ІВС можуть виникати з різних джерел: від внутрішніх (апаратні збої, тепло, електромагнітні завади) до зовнішніх (вплив середовища, сторонні сигнали). Крім того, виникають систематичні та випадкові похибки вимірювань, зумовлені як характеристиками вимірювальної апаратури, так і процесом збору даних. Якщо не застосовувати технології фільтрації та компенсації, точність вимірювань значно знижується, що може призвести до хибних висновків і рішень.

**Принципи інтелектуальної обробки даних.** Інтелектуальні методи обробки сигналів, такі як машинне навчання, штучні нейронні мережі та статистичні алгоритми, допомагають ефективно розділяти корисний сигнал і шуми. Використання адаптивних фільтрів, методів видалення трендів, а

також алгоритмів кластеризації та класифікації даних дозволяє точно ідентифікувати характерні властивості шуму, щоб зменшити його вплив.

Одним із популярних підходів є використання нейронних мереж, що навчаються на історичних даних. Вони здатні розпізнавати та ігнорувати фонові шуми та непередбачувані завади, залишаючи лише потрібну інформацію. Крім того, алгоритми, такі як фільтр Калмана, активно застосовуються для корекції похибок вимірювань, відстежуючи зміни параметрів сигналу в реальному часі.

**Особливості багатоканальних ІВС.** У багатоканальних системах є можливість отримувати дані від кількох каналів одночасно, що дає змогу використовувати кроскореляційний аналіз для виявлення схожих завад у різних каналах. Це допомагає зменшити похибки шляхом порівняння даних з кількох джерел і усереднення отриманих значень. Застосування когнітивних моделей для аналізу багатоканальних даних підвищує точність розділення шумів.

**Висновок.** Інтелектуальні технології для розділення шумів та компенсації похибок вимірювань у багатоканальних ІВС дозволяють покращити точність і надійність вимірювальних даних. Це сприяє розвитку інформаційно-вимірювальних систем, розширює можливості їх застосування і дозволяє отримувати більш точні результати для подальшого аналізу та прийняття рішень. Впровадження таких технологій є важливим кроком до створення більш точних та ефективних інформаційних систем.



*Павленко О. В., магістр*

*Діденко Н. В., доцент, к.т.н.*

*Харківський національний автомобільно-дорожній університет*

## **ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ ПОБУДОВИ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ВИМІРЮВАЛЬНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ**

Щодо терміну інтелект, то серед дослідників досі немає наукового консенсусу щодо єдиного визначення. Проте загальна характеристика інтелекту включає два аспекти: здібності, орієнтовані на виконання конкретних завдань та адаптацію. Ці дві характеристики також тісно пов'язані із двома протилежними поглядами на інтелект. Один погляд розглядає розум як статичну сукупність спеціалізованих механізмів, вироблених еволюцією, здатних вивчати лише те, на що він запрограмований. Згідно з іншим поглядом, розум – це універсальний «чистий лист», здатний перетворювати довільний досвід на знання та навички, які можуть бути спрямовані на вирішення будь-якої проблеми.

Еволюційна психологія розглядає природу людини так, що більшість когнітивних функцій обумовлена спеціальними адаптаціями. Іншими словами, людський мозок еволюціонував, щоб добре справлятися з певними завданнями, тому що ці навички були потрібні для виживання.

Деякі дослідники зайняли позицію, що інтелект складається із загальної здатності набувати нових навичок за допомогою навчання, здібності, яка може бути спрямована на широкий спектр раніше невідомих проблем. Такий погляд на інтелект відбиває інший давній погляд на природу людини, яка вплинула на історію когнітивної науки і контрастує з точкою зору еволюційної психології: бачення розуму як гнучкого, адаптивного, вельми загального процесу, який перетворює досвід у поведінку, знання та навички.

Успіх штучного інтелекту залежить від систем, які можуть виконувати добре описані завдання на високому рівні, що вимірюється метрикою на основі навичок. Цей акцент на продуктивності, специфічної для завдань, часто призводить до компромісів в інших галузях, таких як надійність та гнучкість. Тому необхідно вийти за рамки оцінки, що базується на навичках, щоб оцінити ці інші важливі атрибути. Ціль полягає в тому, щоб створити системи з більш високим ступенем узагальнення, здатністю справлятися з ситуаціями, які відрізняються від тих, з якими ми стикалися раніше. Спектр узагальнення відбиває організацію когнітивних здібностей людини, як описано в теоріях когнітивної психології.

Психометрія – це розділ психології, який займається тестуванням інтелекту та оцінкою навичок. Сучасні тести інтелекту розробляються так, щоб бути надійними, валідними, стандартизованими та вільними від упередженості. Примітно, що паралельно з психометрією останнім часом спостерігається зростаючий інтерес до використання наборів завдань для вимірювання загальних здібностей, а не конкретних навичок.

Значний ефект від застосування технології штучного інтелекту отримано в результаті розробки інтелектуальних інформаційних систем (ІС), які стали синтезом експертних та інформаційних систем. Створення ІС стало продовженням широкого застосування інформаційних систем класичного типу.

Інтелектуальними є завдання, що пов'язані з розробкою алгоритмів розв'язання раніше невирішених завдань певного типу. Відмінною особливістю та одним з основних джерел ефективності таких алгоритмів являється те, що вони зводять розв'язання такої задачі до певної послідовності досить простих або навіть елементарних задач для розв'язання. Алгоритм може бути виконаний такою системою, яка здатна реалізувати елементарні операції на різних етапах цього алгоритму.

Розпізнавання образів, ідентифікація, прогнозування, прийняття рішень з управління – це ряд завдань, для яких розбиття процесу пошуку рішення на окремі елементарні кроки, дуже складний.

Розвинені комунікативні здібності інтелектуально-інформаційної системи дають можливість отримувати від неї коментарі та оброблені дані такою мовою, що є найбільш близька до природної. Інтелектуальні інформаційні системи є ефективними, коли їх застосовують до завдань, що мають слабку структуру.

Система штучного інтелекту включає базу знань, що є результатом узагальнення досвіду експлуатації даної системи у певних конкретних умовах. І це означає, що програмістом може бути розроблена лише «порожня оболонка» системи штучного інтелекту, яка перетворюється на працездатну систему в результаті процесу навчання, який, таким чином, є необхідним технологічним етапом створення таких систем.

Говорячи про методи набуття знань, використовують такі терміни, як вилучення, отримання, формування, набуття знань та навчання бази знань.

Основною проблемою розробки сучасних інтелектуальних систем є проблема придбання знань, тобто перетворення різного виду інформації із зовнішнього представлення у представлення знань, придатних для вирішення завдань, для яких і створюється інтелектуальна система

Відомими методами набуття знань є нейронні мережі та ДСМ-метод.

У ДСМ-методі використовується представлення знань про експерименти, що підтверджують причинно-наслідкові зв'язки між факторами, у вигляді матриці гіпотез.

Методи отримання знань поділяються на методи автоматичної обробки текстів та текстологічні методи.

Аналіз текстів спрямовано: по-перше, на аналіз його мікроструктури, по-друге, на вичленування ключових слів і вже потім на формування поля знань на базі однієї із мов представлення знань.

Що стосується завдання отримання знань, то воно вирішується у два етапи: спочатку формується термінологічна мережа, а вже потім визначається асоціативна близькість термінів на основі статистично певної міри асоціації.

Перевага розглянутого способу полягає в автоматичному виявленні значущих слів і зв'язків з урахуванням статистичної інформації про гіпертекст в цілому.

До методів отримання експертних знань відносяться комунікативні методи, що ґрунтуються на прямому діалозі інженерів зі знань з експертами як без використання систем штучного інтелекту (СШІ), так із їх застосуванням.

Класичною основою отримання знань із накопичених даних є математична статистика. Методи математичної статистики виявилися корисними, головним чином, для перевірки заздалегідь сформульованих гіпотез і для грубого розвідувального аналізу, що становить основу оперативної аналітичної обробки даних.

Процес інтелектуального аналізу даних складається із стадій виявлення закономірностей; використання виявлених закономірностей для передбачення невідомих значень та аналізу винятків.

Методи інтелектуального аналізу даних дозволяють представити виявлені закономірності у символічній формі – як математичні формули, таблиці передбачень, структурні закони та алгоритми, тобто у формі, яка є природною і зручною для розуміння.

Інтелектуальний аналіз даних є коротким позначенням досить широкого спектра процедур автоматичного аналізу даних високоінтелектуальними технологіями. Ці методи дозволяють вилучати із «сирих» даних раніше невідомі залежності між параметрами об'єктів та закономірності поведінки класів об'єктів. Подібні програмні продукти дозволяють як би «осмислити» дані, оцінюючи їх як з кількісної, так і якісної точки зору.

*Тіщенко В. І., студент ХНАДУ*

*Петрукович Д. Є., доцент, к.т.н.*

*Харківський національний автомобільно-дорожній університет*

## **ОБҐРУНТУВАННЯ ВИМОГ ДО БАГАТОКАНАЛЬНИХ ВИМІРЮВАЛЬНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ ДОРОЖНІХ МАШИН**

Швидкий розвиток наукових досліджень, створення технічних систем та впровадження нових технологій вимагають підвищення метрологічних та експлуатаційних показників інформаційно-вимірювального каналу (ІВК), який призначений для вирішення завдань з вимірювання та контролю великої кількості фізичних величин. Останніми роками стрімкий прогрес у комп'ютерних і мікропроцесорних технологіях створив основу для суттєвих змін у концепції побудови вимірювального каналу (ВК), а також у методах отримання, обробки, збереження і відображення вимірювальної інформації. Результатом цього стала майже повна трансформація технічних рішень у сфері вимірювальних технологій: від різноманітних та несумісних приладів до високоінтегрованих багатоканальних автоматизованих систем, здатних працювати в глобальних комп'ютерних мережах.

Вимірювальна інформаційна система (ВІС) призначена для:

- автоматичного збору даних про тиск у гідроциліндрах дорожньої машини за допомогою датчиків;
- передачі зібраної інформації через радіоканал 2,4 ГГц до автоматизованого центру збору та обробки результатів.

Оскільки важливо забезпечити високу стабільність вимірювань незалежно від коливань напруги в мережі 220 В, у ВІС запропоновано використовувати мікропроцесор ATMEGA 8. Цей мікропроцесор гарантує

стабільність внутрішнього тактового генератора з частотою 200 кГц на рівні  $10^{-5}$  при зміні напруги живлення від 2,7 В до 5 В.

Таким чином, частота вимірювань буде повністю відповідати вимогам.

Виходячи з призначення та виконуваних функцій, бездротова ВІС має включати (рис. 1):

- датчики тиску;
- мікроконтролер, що містить: аналогово-цифровий перетворювач, формувач часових інтервалів, формувач керуючих сигналів, порт послідовної передачі даних, порти введення/виведення;
- джерело живлення.

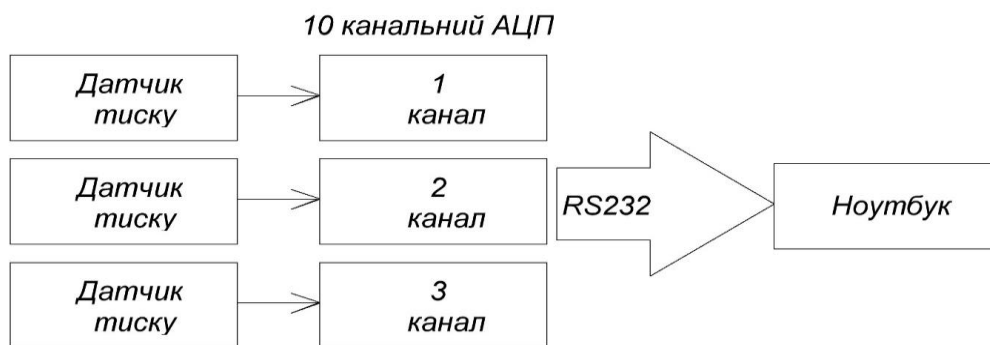


Рисунок 1 – Структурна схема вимірювальної інформаційної системи

Алгоритм вимірювання передбачає виконання наступної послідовності дій:

- 1) отримання вимірювальної інформації з тензодатчиків в аналоговому вигляді  $U(t)$ ;
- 2) перетворення аналогового сигналу в цифровий код в блоці АЦП;
- 3) калібрування вимірювального каналу;
- 4) видача послідовного коду на шину даних.

**Список літератури:**

1. Кириченко, І. Г. Наукові основи створення високоефективних землерийно-транспортних машин / І. Г. Кириченко, Л. В. Назаров, В. В. Нічке; під ред. І. Г. Кириченка – Харків : ХНАДУ, – 2003. – 588 с.

*Хоменко Ю. С., аспірант кафедри метрології  
та безпеки життєдіяльності ХНАДУ*

*Харківський національний автомобільно-дорожній університет*

## **МОДЕЛЬ ДИСТАНЦІЙНОГО ВИЯВЛЕННЯ НАЗЕМНИХ ОРІЄНТИРІВ ДЛЯ ПРОГНОЗУВАННЯ МЕТРОЛОГІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНИХ СИСТЕМ**

**Актуальність теми дослідження.** На сьогодні є значний динамічний розвиток, автономних мобільних роботів, які можуть переміщатися і орієнтуватися в навколишньому середовищі без зовнішнього втручання. Однією з головних характеристик АМР є їхня здатність самостійно визначати своє місце положення та орієнтуватися в навколишньому середовищі. Зазвичай вони мають працювати в умовах, коли точна мапа навколишнього середовища недоступна, тому важливим є створення АМР власних мап невідомих середовищ. Другим актуальним завданням є визначення положення АМР в обмеженому середовищі, для якого вже є мапа. В даному випадку АМР потрібно постійно оновлювати карту, додаючи об'єкти які з'являються на його шляху і орієнтуватись у середовищі, що змінюється при пересуванні.

**Метою** доповіді є ознайомлення з моделлю дистанційного виявлення та розпізнання наземних орієнтирів автономними мобільними роботами.

Для вирішення завдання здійснення автономної навігації в невідомому середовищі необхідно оснащення АМР різноманітними датчиками та модулями, які дозволяють визначити місцезнаходження АМР.

GPS системи – дають можливість визначення своїх координат (широти, довготи та висоти) на АМР. Це тривимірне позиціонування дозволяє точно визначити розташування АМР, та одночасно дуже часто системи GPS можуть бути недоступними в наслідок природного ландшафту, різноманітних щільних забудов, або ж взагалі подавлення РЕБом.

Інші способи це використання далекомірів та камер, дані яких в результаті обробки дозволяють АМР орієнтуватися. Вони використовуються для визначення положення об'єктів, розпізнавання різноманітних перепон та вирішення різноманітних завдань. Останні дають змогу АМР розпізнавати та ідентифікувати різні об'єкти а також визначити до них відстань в незнайомому середовищі. Для АМР навігація в незнайомому середовищі - це дуже складна задача, так як вимагає одночасної обробки даних з різноманітних модулів та управлінням системами робота та складання мапи місцевості. В умовах, коли датчики та модулі не завжди надають точну і повну інформацію. Зазвичай ця задача розділена на дві основні задачі: побудову чи оновлення мапи та визначення місцезнаходження АМР в середовищі. АМР повинен вирішувати обидві ці завдання одночасно, отримуючи інформацію про навколишній середовище через датчики і створюючи теорію свого місцеположення на основі обробки даних. Так як датчики мають похибки, які досить важко визначити і виправити, АМР постійно коригує дані про свої розташування, а також оновлює в пам'яті мапу середовища. Виправлення місцеположення робота відбувається відносно визначених орієнтирів і відстаней до них. В сучасних АМР методи навігації є досить складними, проте використання на останніх сукупності різноманітних систем (GPS, далекомір, та камер) може пришвидшити визначення перешкоди та знаходження маршруту у невідомому середовищі.

Загальна проблема полягає в тому, що орієнтир є нерухомим відносно навколишньої місцевості, яку будемо називати фоном. В цих умовах важко знайти різницю між параметрами сигналів, що відбиті від фону та орієнтиру



при активній локації різними хвилями (електромагнітними, ультразвуковими тощо). В роботі [1] запропоновано метод розширення умов застосування радарів на основі розробленої системи виявлення стрибків амплітуди сигналів, відбитих від орієнтиру. При роботі пасивної локації з відеокамерами та приладів нічного бачення, що приймають хвилі різних діапазонів (оптичному видимому та інфрачервоному), з'являється можливість виявлення орієнтирів з високою ймовірністю при застосуванні методів, що описані в роботі [2].

Прийняття рішень АМР керується тим що має двомірну картинку зображення, котра описується великою кількістю пікселів, причому кольоровість кожного можливо розкласти на три кольори. Це червоний, зелений і синій, що відповідно позначаються літерами R, G, B. В результаті, кількість пікселів потрібно помножити на три і від кожного отримати інформацію, що дасть можливість описати місцевість на кадрі. Обробка такої кількості інформації в реальному часі є складним завданням. Після чого необхідно розпізнати орієнтир, зображення якого вводиться в комп'ютер АМР. Розпізнавання проводиться, як правило, при наявності різних типів шумів, через що виникає зменшення швидкодії інформаційної системи та якості розпізнавання орієнтирів.

### **Література:**

1. Poliarus O., Poliakov Y., Lebedynskyi A. Detection of landmarks by autonomous mobile robots using camera-based sensors in outdoor environments. IEEE Sensors Journal. 2021. Vol. 21, № 10. P. 11443-11450. DOI: 10.1109/JSEN.2020.3010883.

2. Poliarus O., Poliakov Y., Lindner L. Determination of landmarks by mobile robot's vision system based on detecting abrupt changes of echo signals parameters. IEEE Industrial Electronics Society. 2018. P. 3165-3170.

## **ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА ТЕХНОЛОГІЯ ОПТИМІЗАЦІЇ СТРУКТУРИ ВИМІРЮВАЛЬНОЇ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ МЕТЕОПАРАМЕТРІВ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА**

Інтелектуальна технологія оптимізації структури вимірювальної інформаційної системи метеопараметрів навколишнього середовища спрямована на підвищення ефективності збору, обробки та аналізу метеоданих для моніторингу стану навколишнього середовища. Впровадження такої технології дозволяє [1-6]:

1. Підвищити точність і надійність вимірювань за рахунок інтеграції сенсорів і аналітичних алгоритмів.

2. Оптимізувати розташування сенсорів у мережі, що покриває географічно значущі ділянки для кращого відстеження змін клімату та погодних умов.

3. Використовувати штучний інтелект та машинне навчання для прогнозування і моделювання метеопараметрів, що сприяє швидкому реагуванню на потенційні екологічні ризики.

4. Ефективніше обробляти великі обсяги даних з різних джерел (сенсори, супутники, кліматичні моделі) для отримання інтегрованих показників стану навколишнього середовища.

5. Забезпечувати адаптивність системи, де вона здатна самостійно визначати оптимальні параметри для збору даних, реагувати на зміни умов у реальному часі та адаптуватися до нових задач.

Застосування таких інтелектуальних технологій дозволяє отримувати більш повну і точну інформацію про екологічну ситуацію, підвищує

швидкість і якість прийняття рішень в екологічному моніторингу та сприяє зниженню ризиків, пов'язаних з кліматичними змінами [3-5].

Оптимізація структури вимірювальної інформаційної системи метеопараметрів навколишнього середовища є важливим завданням, особливо з огляду на потребу в підвищенні точності, швидкості обробки даних та енергоефективності системи [6]. Для цього використовують різні методи оптимізації, серед яких можна виділити такі основні підходи [2-4]:

1. Оптимізація сенсорної мережі. Вибір оптимального розташування сенсорів – забезпечує покриття зони спостережень і мінімізує витрати на встановлення та обслуговування. Для цього застосовуються методи геометричної оптимізації або алгоритми кластеризації. Вибір типів сенсорів та їх кількості – з урахуванням специфіки метеопараметрів, які потрібно вимірювати, та бюджету. Наприклад, може використовуватися комбінація сенсорів для температури, вологості, тиску тощо. Застосування енергоефективних сенсорів – особливо важливо для систем, що працюють на автономних джерелах енергії.

2. Оптимізація методів збору даних. Періодичність збирання даних – оптимізація частоти зчитування даних для досягнення балансу між точністю вимірювань та енерговитратами. Застосування методів фільтрації – такі як Калманівський фільтр або методи згладжування даних для зменшення шумів і підвищення точності.

3. Оптимізація структури передачі даних. Вибір оптимального протоколу передачі – вибір між різними мережевими протоколами, такими як LoRa, Zigbee, Wi-Fi з урахуванням енергоспоживання та пропускної здатності. Застосування методів компресії даних – це допомагає зменшити об'єм даних, що передаються, зберігаючи при цьому важливу інформацію.

4. Обробка даних у режимі реального часу. Розподілена обробка даних – з використанням хмарних обчислень або краєвих (edge) обчислень, що дозволяє зменшити затримки в обробці інформації. Алгоритми машинного

навчання для прогнозування метеопараметрів та ідентифікації аномалій у режимі реального часу.

2. Забезпечення надійності та відмовостійкості системи. Застосування резервних компонентів – для підвищення надійності системи у випадку збоїв. Використання методів самовідновлення – автоматичне виявлення та виправлення помилок.

Ці методи можуть бути комбіновані для розробки ефективної, надійної та економічної вимірювальної інформаційної системи, здатної забезпечувати точні дані про метеопараметри навколишнього середовища.

### **Перелік посилань:**

1. Alagumalai, A., Shou, W., Mahian, O., Aghbashlo, M., Tabatabaei, M., Wongwises, S., Liu, Y., Zhan, J., Torralba, A., Chen, J., Wang, Z. L., & Matusik, W. (2022). Self-powered sensing systems with learning capability. In *Joule* (Vol. 6, Issue 7). <https://doi.org/10.1016/j.joule.2022.06.001>.

2. Aljarbouh, A., Ahmed, M. S., Guevara, M. V., & Dirting, B. D. (2022). Intellectualization of information processing systems for monitoring complex objects and systems. *Modern Innovations, Systems and Technologies*, 2(1), 9–17. <https://doi.org/10.47813/2782-2818-2022-2-1-9-17>.

3. Kuo, J. L. (2022). Multi-objective Optimization of Lighting System Design for Automatic Image Measurement and Inspection Machine. *Sensors and Materials*, 34(6). <https://doi.org/10.18494/SAM3807>.

4. Prokopchina, S. v. (2022). Intelligent Sensor Networks in Industry 5.0. Generalized Concept of Creating Digital Platforms for Managing Complex Systems Based on a Regularizing Bayesian Approach. *Proceedings of 2022 25th International Conference on Soft Computing and Measurements, SCM 2022*. <https://doi.org/10.1109/SCM55405.2022.9794889>.

5. Ronco, A., Schulthess, L., Zehnder, D., & Magno, M. (2022). Machine Learning In-Sensors: Computation-enabled Intelligent Sensors For Next

Generation of IoT. *Proceedings of IEEE Sensors, 2022-October*.  
<https://doi.org/10.1109/SENSOR52175.2022.9967240>.

6. Roshdy, A., al Kork, S., Beyrouthy, T., & Nait-ali, A. (2023). Simplicial Homology Global Optimization of EEG Signal Extraction for Emotion Recognition. *Robotics, 12*(4). <https://doi.org/10.3390/robotics12040099>.

*Шульга П. О., студент гр. ММ-61-23*

*Харківський національний автомобільно-дорожній університет*

## **ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА ТЕХНОЛОГІЯ СТАБІЛІЗАЦІЇ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ ВИМІРЮВАНЬ В ІНФОРМАЦІЙНО- ВИМІРЮВАЛЬНІЙ СИСТЕМІ ТИСКУ**

Інтелектуальна технологія стабілізації невизначеності вимірювань в інформаційно-вимірювальній системі тиску – це комплекс методів, алгоритмів і програмних рішень, що дозволяють підвищити точність і надійність вимірювань тиску за умов невизначеності.

Зміст інтелектуальної технології стабілізації невизначеності вимірювань в інформаційно-вимірювальній системі тиску включає такі основні компоненти [1-5]:

1. Моделювання процесів вимірювання та невизначеності: Аналіз основних джерел невизначеності під час вимірювання тиску. Розробка моделей, які описують взаємозв'язки між параметрами системи та факторами, що впливають на точність вимірювань.

2. Методи стабілізації вимірювальної невизначеності: Використання інтелектуальних алгоритмів для обробки даних з метою зниження похибок. Стабілізація вимірювальної невизначеності за рахунок адаптивної фільтрації та статистичних методів.

3. Інтелектуальна обробка даних у реальному часі: Застосування машинного навчання для виявлення аномалій та корекції вимірювальних сигналів. Алгоритми прогнозування, що дозволяють передбачати поведінку вимірювань при змінах умов експлуатації.

4. Інформаційна підтримка прийняття рішень: Впровадження експертних систем для аналізу вимірювань та надання рекомендацій оператору. Автоматичне визначення критичних ситуацій на основі оцінки достовірності даних.

5. Оцінка точності та верифікація системи: Проведення тестування для визначення ефективності технології стабілізації невизначеності. Аналіз похибок, що залишилися після обробки даних, та корекція моделей вимірювання.

6. Інтеграція в загальну інформаційно-вимірювальну систему: Узгодження технології стабілізації з іншими компонентами системи для забезпечення безперервного потоку даних. Підвищення надійності та швидкості передачі інформації для кращої інтеграції з автоматизованими системами управління.

Ця технологія дозволяє значно знизити невизначеність вимірювань у системах моніторингу тиску, що покращує точність контролю параметрів та прийняття рішень в умовах, де необхідна висока точність і надійність. Розглянемо застосування інтелектуальних технологій стабілізації невизначеності вимірювань для інформаційно-вимірювальної системи (ІВС) тиску з корельованими каналами [1, 3]. Стабілізація невизначеності вимірювань в інформаційно-вимірювальній системі (ІВС) тиску з корельованими каналами є складним завданням, оскільки канали мають кореляційні зв'язки, які впливають на точність вимірювань. Основні методи стабілізації невизначеності вимірювань в такій ІВС включають [3-5]:

1. Метод багатоканальної фільтрації: Фільтри, такі як Калмана чи інтервальний фільтр, можуть адаптуватися до системи з корельованими

каналами, враховуючи взаємозв'язок між каналами та зменшуючи шум. Фільтрація застосовується на кожному каналі, але враховує кореляцію для уточнення прогнозу показників тиску.

2. Метод зваженого усереднення: Цей метод полягає в обчисленні зваженого середнього значення показників з кожного каналу з урахуванням коефіцієнтів кореляції між ними. Це дозволяє компенсувати похибки та невизначеності, що виникають у корельованих каналах.

3. Адаптивна корекція на основі кореляційних залежностей: Моделі, які використовують кореляційні залежності між каналами, дозволяють виконувати корекцію значень в режимі реального часу, орієнтуючись на зміни в одному каналі та коригуючи відповідно інші канали.

4. Алгоритми компенсації похибок з урахуванням коваріаційних матриць: Використання коваріаційної матриці для врахування зв'язків між каналами дозволяє ефективно визначати рівень невизначеності та виконувати корекцію вимірювань. Застосування статистичних моделей на основі коваріацій допомагає стабілізувати похибки, пов'язані з корельованими каналами.

5. Нейромережеві методи для стабілізації вимірювань: Штучні нейронні мережі можуть бути навчені розпізнавати кореляційні взаємозв'язки між каналами і прогнозувати точніші значення тиску на основі патернів вимірювань. Використання глибоких нейронних мереж дозволяє ефективно компенсувати невизначеності у випадках сильної кореляції.

6. Методи головних компонент (PCA): Аналіз головних компонент допомагає зменшити кількість вимірювальних даних, зберігаючи лише основну інформацію і виключаючи корельовані впливи. Застосування PCA дозволяє знизити рівень шуму та забезпечити стабільніші вимірювання.

7. Метод ітераційного зваженого найменшого квадрата (IWLS): Це метод корекції, що враховує як невизначеності в каналах, так і кореляцію між

ними. Він дозволяє мінімізувати похибку вимірювання в залежності від вагових коефіцієнтів, що відображають кореляційні зв'язки.

8. Інтервальні моделі для оцінки невизначеності: Цей метод буде інтервальні оцінки на основі корельованих даних, що дозволяє врахувати діапазон можливих значень вимірювань. Використання інтервалів дає змогу знизити рівень невизначеності при наявності кореляції.

Застосування цих методів дозволяє ефективно знижувати рівень невизначеності та підвищувати стабільність вимірювань у системах з корельованими каналами, що особливо важливо для підвищення точності та надійності даних у критичних застосуваннях.

### **Перелік посилань:**

1. Barbashov, N. N., & Abdullina, L. R. (2020). Selection of effective criteria for determining the volume of measurements. *Journal of Physics: Conference Series*, 1515(5). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1515/5/052029>.

2. Cai, B., Ning, Z., Cheng, Y., Tian, Y., & Chen, G. (2024). Quantized stabilizing control of state-dependent switching affine systems with control-input and state-measurement quantization. *International Journal of Robust and Nonlinear Control*, 34(6). <https://doi.org/10.1002/rnc.7175>.

3. *Metrological reliability in measurement - ScienceDirect*. (n.d.). Retrieved August 18, 2023, from <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0263224183900180>.

4. Sun, M., & Li, Q. (2024). Modal identification with uncertainty quantification of large-scale civil structures via a hybrid operation modal analysis framework. *Structural Design of Tall and Special Buildings*, 33(9). <https://doi.org/10.1002/tal.2102>.

5. Wu, Z., Shen, Y., Zhou, F., & Zhao, C. (2024). Robust fuzzy adaptive stabilization for uncertain nonlinear systems with quantized input and output constraints. *Journal of the Franklin Institute*, 361(6). <https://doi.org/10.1016/j.jfranklin.2024.106679>.



## **Секція 2**

**Пристрої і методи вимірювання та контролю параметрів  
потенціально небезпечних процесів. Метрологічне  
забезпечення безпеки життєдіяльності**

*Біляєв М. М.<sup>1</sup>, Біляєва В. В.<sup>2</sup>, Берлов О. В.<sup>3</sup>,  
Козачина В. А.<sup>4</sup>, Машихіна П. Б.<sup>5</sup>*

*<sup>1</sup> проф. каф. гідравліки, водопостачання та  
фізики, д.т.н., проф., УДУНТ*

*<sup>2</sup> проф. каф. енергетичних систем та  
енергоменеджменту, д.т.н., проф., УДУНТ*

*<sup>3</sup> доц. каф. охорони праці, цивільної та  
техногенної безпеки, к.т.н., доц., УДУНТ*

*<sup>4</sup> доц. каф. гідравліки, водопостачання та  
фізики, к.т.н., доц., УДУНТ*

*<sup>5</sup> доц. каф. гідравліки, водопостачання та  
фізики, к.т.н., доц., УДУНТ*

## **ОЦІНЮВАННЯ РІВНЯ РАДІОАКТИВНОГО ЗАБРУДНЕННЯ ДОВКІЛЛЯ У РАЗІ ВИКИДУ НА АЕС**

Викиди на АЕС можуть привести до значного та довгострокового забруднення довкілля [1]. Тому, визначення рівня радіоактивного забруднення при виникненні екстремальних ситуацій на АЕС є надзвичайно важливою задачею.

Для рішення задач даного класу – тобто для прогнозування радіоактивного забруднення довкілля використовують кілька математичних моделей. Одним із підходів є застосування моделей Гауса (наприклад, модель МАГАТЕ), які допомагають окреслити зони радіоактивного забруднення для постійного джерела або у разі миттєвого викиду. Інший підхід полягає у використанні CFD моделей, що враховують особливості рельєфу, забудову та інші фактори. Однак ці моделі вимагають значних обчислювальних ресурсів і часу.

Актуальним залишається розробка швидкорозрахункових моделей, які можуть прогнозувати забруднення з урахуванням основних фізичних факторів.

Для цього створено 2D та 3D моделі поширення радіоактивних речовин в атмосфері [2, 3], що в реальному часі дозволяють оцінювати розміри і рівень забруднення атмосферного повітря та земної поверхні після аварійного викиду радіонуклідів на АЕС.

Моделюючі рівняння дають можливість враховувати: тип викиду (залповий, довгостроковий, напівперервний); стан атмосфери (штиль, інверсія, конвекція); профіль вітру; швидкість вітру, напрям вітру; місце аварійної емісії радіоактивної домішки; час напіврозпаду домішки.

Чисельне інтегрування рівнянь масопереносу радіонуклідів відбувається за допомогою кінцево-різницевого схем розщеплення.

Розроблено програмний код на мові FORTRAN для проведення обчислювальних експериментів.

На основі результатів розрахунків можна визначити площі радіоактивного забруднення поверхні землі або водних об'єктів у випадку поширення радіоактивної хмари.

Зараз в Україні існує велика загроза надзвичайної ситуації щодо об'єкту підвищеної небезпеки Запорізької атомної електростанції у зв'язку з військовими діями та її військовим захопленням. Це спричиняє велику вірогідність аварійного ураження, надзвичайні ризики щодо цивільної безпеки громадян і в цілому безпеці України та суміжних країн. В роботі представлені результати проведених обчислювальних експериментів по визначенню зон радіоактивного забруднення при ймовірній емісії радіоактивних речовин на Запорізькій АЕС у випадку різних метеоситуацій. Розглядалися наступні сценарії:

1. миттєвий викид радіонуклідів з різних енергоблоків на АЕС;

2. довгостроковий викид для метеоситуації, коли вітер спрямований на м. Нікополь.

Також отримані прогнозні дані, щодо ступеню радіоактивного забруднення сільськогосподарських угідь біля АЕС для різних метеоумов.

#### **Список використаної літератури:**

1. Бруяцкий Е. В. Теория атмосферной диффузии радиоактивных выбросов / Е. В. Бруяцкий. – Киев : Ин-т гидромеханики НАН Украины, 2000. 443 с.

2. Біляєв М. М., Біляєва В. В., Берлов О. В., Козачина В. А. CFD моделювання в аналізі ефективності систем захисту довкілля та працівників на робочих місцях. Дніпро : Журфонд, 2022. – 268 с.

3. Численное моделирование распространения загрязнения в окружающей среде / М. З. Згуровский, В. В. Скопецкий, В. К. Хрущ, Н. Н. Беляев. – К. : Наук. думка, 1997. – 368 с.

*<sup>1</sup>Краснов В. А., <sup>2</sup>Кондратенко О. М.*

*<sup>1</sup>ад'юнкт кафедри ТЗНС, магістр, НУЦЗ України, м. Харків*

*<sup>2</sup>професор кафедри ТЗНС, д.т.н., професор, НУЦЗ України, м. Харків*

## **МОБІЛЬНИЙ ВИПРОБУВАЛЬНИЙ СТЕНД ДЛЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОЧИХ ХАРАКТЕРИСТИК ВИКОНАВЧИХ ЕЛЕМЕНТІВ ТЕХНОЛОГІЙ ЗАХИСТУ ДОВКІЛЛЯ ВІД ВПЛИВУ ПОРШНЕВИХ ДВЗ**

**Актуальність** теми дослідження полягає у тому, що розроблений мобільний випробувальний стенд (МВС) дозволяє здійснювати експериментальне дослідження як показників роботи енергоустановок (ЕУ) з поршнеvim двигуном внутрішнього згорання (ПДВЗ), так і ефективності роботи різноманітних виконавчих пристроїв технологій захисту компонентів

навколишнього природного середовища (ТЗНС) від чинників негативного техногенного впливу цих об'єктів техносфери. При цьому в якості вказаних ЕУ з ПДВЗ можуть виступати одиниці пожежної та аварійно-рятувальної техніки (ПАРТ), які перебувають на оперативному чергуванні органів та підрозділів Державної служби України з надзвичайних ситуацій (ДСНС України), зокрема державних пожежно-рятувальних частин, загонів тощо, віддалених від обласних і районних центрів, у прифронтових територіях і поряд з лінією розмеження. Це є особливо актуальним для виконання оперативних задач як у часи збройної агресії, так і за умов перспектив повоєнної відбудови критичної інфраструктури нашої країни [1-5].

Конструкція пропонованого стенду передбачає наявність таких засобів вимірювальної техніки (ЗВТ): *п'ятикомпонентного газоаналізатора* – для вимірювання концентрацій у відпрацьованих газах (ВГ) незгорілих вуглеводнів ( $C_nH_m$ ), монооксиду вуглецю (СО), оксидів азоту ( $NO_x$ ), двоокису вуглецю ( $CO_2$ ) та залишкового кисню ( $O_2$ ); *димоміру* – для вимірювання показників димності ВГ; *двох диференційних U-подібних рідинних манометрів* – для вимірювання перепадів тиску ВГ на вході у виконавчий пристрій ТЗНС та на самому виконавчому пристрої; *система вимірювання температури* ВГ і робочого тіла та твердих деталей виконавчого пристрою ТЗНС у 6–10 точках – термоелектричні перетворювачі та відповідні прилади; *шумомір* – для вимірювання показників шумового забруднення довкілля ПДВЗ та виконавчого пристрою ТЗНС; *барометр-анероїд, ртутний термометр, анемометр та гігрометр* – для отримання показників параметрів навколишнього середовища; а також передбачається наявність відкидного столика для розміщення мобільного комп'ютера – для підключення інформаційних каналів від приладів стенду, здійснення обробки їх сигналів та застосування розробленого критеріального математичного апарату, та системи електроживлення усіх вказаних приладів із захистом від короткого замкнення і перевантаження та заземленням.

Така установка є розвитком ідей, викладених у роботі [1], які можна розглядати у контексті матеріальної основи вдосконалення підходу до здійснення комплексного критеріального оцінювання, наведених у роботі [2], щодо виконавчих пристроїв відповідної ТЗНС, упорядкованих у формі класифікації у джерелі [3], із застосуванням теоретичних досліджень метрологічних аспектів, описаних у публікаціях [1, 4], у тому числі й з урахуванням нетрадиційних чинників ЕБ, як, наприклад, у дослідженні [5].

Схема і зовнішній вигляд мобільного стенду наведені на рис. 1.

Мета дослідження – підвищити значення показників ЕБ процесу експлуатації ЕУ з ПДВЗ, зокрема одиниць ПАРТ, шляхом розробки мобільного випробувального стенду для експериментального дослідження екологічних характеристик таких ЕУ та показників ефективності виконавчих пристроїв ТЗНС – вихідних даних для здійснення комплексного критеріального оцінювання. Проблема дослідження – відсутність мобільної експериментальної установки, яка придатна для досягнення мети дослідження для об'єктів експерименту, які перебувають у експлуатації у віддалених ДПРЧ, на постраждалих від збройної агресії територіях. Ідея дослідження – розробити мобільну – пересувну, швидкокомтовану та універсальну за споживаними енергоресурсами і форматами надання результатів випробувань – установку, яка містить усі необхідні ЗВТ для отримання значень шляхом прямого та непрямого вимірювання усіх фізичних величин, які є чинниками ЕБ та показниками ефективності виконавчих пристроїв ТЗНС, та факторами комплексного критеріального оцінювання процесу експлуатації ПАРТ.



а

б

Рисунок 1 – Схема (а) і зовнішній вигляд (б) мобільного стенду

Об'єкт дослідження – чинники ЕБ, показники ефективності виконавчих пристроїв ТЗНС, фактори комплексного критеріального оцінювання процесу експлуатації ПАРТ. Предмет дослідження – мобільна комплексна установка для експериментального визначення значень фізичних величин, які складають об'єкт дослідження.

Наукова новизна результатів дослідження – вдосконалено концепцію експериментального отримання набору вихідних даних для здійснення комплексного критеріального оцінювання рівня ЕБ процесу експлуатації ЕУ з ПДВЗ, зокрема концепцію адаптовано для одиниць ПАРТ, які перебувають у експлуатації у віддалених ДПРЧ, на постраждалих від збройної агресії територіях.

Практична цінність результатів дослідження – розроблена та виготовлена мобільна комплексна установка придатна для використання для одиниць ПАРТ, які перебувають у експлуатації у віддалених ДПРЧ, на постраждалих від збройної агресії територіях, що дозволяє виконати вимоги «Положення про організацію екологічного забезпечення ДСНС України»,

затвердженого Наказом ДСНС України № 618 (з основної діяльності) від 20.09.2013 р.

Дослідження виконано за планом НДР кафедри технологій захисту навколишнього середовища факультету управління та безпеки населення Національного університету цивільного захисту України ДСНС України «Розробка методики комплексного оцінювання впливу експлуатації та застосування спеціальної техніки на довкілля в умовах військової агресії» (№ ДР 0124U000374, 01.2024–12.2026 рр.), а також програми Non-Resident Academic Associates program co-sponsored by the College of Humanities and Sciences at Virginia Commonwealth University and the Davis Center for Russian and Eurasian Studies at Harvard University (Cambridge, Boston, Commonwealth of Massachusetts, United States of America).

#### **Список джерел посилання:**

1. Кондратенко О. М. Метрологічні аспекти комплексного критеріального оцінювання рівня екологічної безпеки експлуатації поршневих двигунів енергетичних установок : монографія / О. М. Кондратенко. – Х.: Стил-Издат (ФОП Бровін О.В.), 2019. – 532 с.

2. Development and Use of the Index of Particulate Matter Filter Efficiency in Environmental Protection Technology for Diesel-Generator with Consumption of Biofuels / O. Kondratenko, V. Andronov, V. Koloskov, O. Strokov // 2021 IEEE KhPI Week on Advanced Technology: Conference Proceedings (13-17 September 2021, NTU «KhPI», Kharkiv). – Kharkiv: NTU «KhPI», 2021. – pp. 239-244. – DOI: 10.1109/KhPIWeek53812.2021.9570034.

3. Kondratenko O. M. The place of DPF with a liquid working body in the classification of atmospheric air protection technologies from the complex negative influence of power plants with reciprocation ICE [Text] / O. M. Kondratenko, V. A. Krasnov, V. M. Semykin // Technogenic and ecological safety. – Х.: НУЦЗУ, 2023. – 14(2/2023). – С. 67-91. – DOI: 10.52363/2522-1892.2023.2.8.

4. Інструментальна похибка відомих формул перерахунку показників



димності у показники токсичності відпрацьованих газів поршневих ДВЗ / О. М. Кондратенко, В. А. Андронов, О. П. Строков, В. М. Бабакін, В. А. Краснов // Technogenic and ecological safety. – 2022. – № 12(2/2022). – С. 3-18. – DOI: 10.52363/2522-1892.2022.2.1.

5. Accounting the emissions of engine fuel vapors in the criteria-based assessment of the ecological safety level of power plants with reciprocating ICE exploitation process [Text] / О. М. Kondratenko, V. A. Andronov, T. R. Polishchuk, N. D. Kasionkina, V. A. Krasnov // Двигуни внутрішнього згоряння. – 2022. – № 1. – С. 40-50. – DOI: 10.20998/0419-8719.2022.1.06.

*Попко С. О., здобувач вищої освіти*

*Черепньов І. А., к.т.н., доцент*

*Державний біотехнологічний університет, м. Харків*

*Пісня Л. А., к.т.н.*

*Наукова-дослідна установа*

*«Український науково-дослідний інститут екологічних проблем», м. Харків*

## **ПЕРЕВАГИ БІОМОНІТОРИНГУ У КОНТРОЛІ ЗАБРУДНЕННЯ ПОВІТРЯ В СІЛЬСЬКІЙ МІСЦЕВОСТІ**

Протягом багатьох десятиліть Організація Об'єднаних Націй вживає титанічних зусиль для боротьби з голодом у світі. Як зазначено в [1] досягнення стратегічної мети вирішити проблему із забезпеченням достатньою кількістю продовольства належної якості, цілком можливо залишиться недосяжною. За офіційними оцінками, у 2022 році від 690 до 783 мільйонів людей у світі зіткнулися з проблемою голоду. Це на 122 мільйони людей більше, ніж до пандемії COVID-19. Але, агропромисловий комплекс, основне завдання якого полягає у виробництві продовольства, відноситься до тієї галузі економіки, яка найбільш вразлива до екологічного стану, який

формується на визначеній території конкретної держави. Однак, для атмосферного забруднення не існує кордонів і забруднюючі речовини можуть долати відстані в кілька тисяч кілометрів, перш ніж завдати збиток [2]. Протягом багатьох десятиліть існувала помилкова думка, що сільські райони вільні від забруднення повітря. Як зазначено в [3], якість повітря в сільській місцевості досі залишається маловивченою проблемою. Однак є факти, що якість повітря в сільській місцевості по всьому світу, особливо в країнах, що розвиваються, може бути більш забрудненою, ніж у деяких міських районах. Крім того, сама сільськогосподарська діяльність також може призвести до утворення великої кількості забруднювачів повітря, таких як аміак, метан, оксиди азоту, леткі органічні сполуки та стійкі органічні забруднювачі, джерелами яких є переважно добриво сільськогосподарських угідь, скотарство, використання пестицидів, спалювання сільськогосподарських відходів, сільськогосподарська техніка та зрошення сільськогосподарських угідь... Що стосується методів дослідження, то найбільш поширеними є аналіз проб і імітаційне моделювання [4]. Але, як цілком справедливо зазначено в [5]: аналітико-хімічні методи виявлення забруднень, як правило, дорогі, трудомісткі, і їх застосування можливе тільки «на місці». Як додатковий метод, в [5] пропонується розширити застосування біологічного моніторингу. В якості біоіндикаторів можуть слугувати різноманітні організми: рослини, лишайники і навіть тварини. Зокрема, досить часто просте спостереження за рослинами дозволяє виявити небезпечні зміни в навколишньому середовищі. Значний позитивний досвід проведення біомоніторингу якості повітря накопичено в Польщі, де протягом тридцяти років (1975-2005 рр.) з використанням різних біоіндикаторів (лишайників, мохів, листя дерев і дрібних ссавців) проводилася оцінка забруднення повітря і стану навколишнього середовища [6]. Враховуючи міжнародні рекомендації (Етичний кодекс) щодо проведення медико-біологічних досліджень з використанням тварин, доцільно під час

проведення біомоніторингу орієнтуватися на індикатори, що відносяться до так званого «рослинного царства».

У роботі [7] на основі узагальнення аналізу різних літературних джерел сформульовані переваги використання рослин як біомоніторів, а саме:

1) Економічність. Можливість проводити тривалий моніторинг на великих територіях без використання складного обладнання, що вимагає тривалого обслуговування;

2) Це прямий метод вивчення впливу переважаючого забруднення повітря на живі організми;

3) Можливість проведення комплексної оцінки впливу всіх факторів довкілля, включаючи забруднювачі повітря, погодні умови, наслідки для живих організмів у навколишньому середовищі, включаючи здоров'я людини;

4) Простота відбору проб і відсутність будь-якого дорогого, але необхідного технічного обладнання;

5) Можливість здійснювати довготривалий прогноз, в тому числі і наслідків для посівів сільськогосподарських культур та інше.

Узагальнюючи, можна констатувати, що значний потенціал для здійснення контролю широкого спектру забруднень навколишнього середовища, включаючи і електромагнітні поля техногенного походження належить біомоніторингу [8].

### **Література:**

1. The State of Food Security and Nutrition in the World 2023 Urbanization, agrifood systems transformation and healthy diets across the rural–urban continuum. Food and Agriculture Organization of the United Nation: веб-сайт. URL: <https://openknowledge.fao.org/items/445c9d27-b396-4126-96c9-50b335364d01> (дата звернення: 27.10. 2024).

2. Environment @ UNECE Safeguarding the Environment for Future Generations. URL:

[https://unece.org/DAM/env/Brochures/Environment@UNECE\\_English.pdf](https://unece.org/DAM/env/Brochures/Environment@UNECE_English.pdf) (дата звернення: 27.10. 2024).

3. Majra, J. P. Air Quality in Rural Areas. *Chemistry, Emission Control, Radioactive Pollution and Indoor Air Quality.*/ ed. N. Mazzeo.2011. pp. 619-638. doi:10.5772/16890/

4. Ge P., Chen M., Cui Y., Nie D. The Research Progress of the Influence of Agricultural Activities on Atmospheric Environment in Recent Ten Years: A Review. *Atmosphere*. 2021. № 12. 635. doi.org/10.3390/atmos12050635.

5. Proskura N. Bioindication And Biomonitoring Of Air Pollution. *Life Science Journal*. 2015.№ 12(8). P. 65-67.

6. Sawicka-Kapusta K., Zakrzewska M., Bydłoń G. Biological monitoring – the useful method for estimation of air and environment quality. *AIR POLLUTION 2007*. WIT Transactions on Ecology and the Environment. 2007. Vol 101. doi:10.2495/AIR070351.

7. Badamasi H. Biomonitoring of Air Pollution Using Plants. *Journal of Environmental Science*. 2017. Vol 2. P. 27-39.

8. Vambol S., Vambol V., Dubnitskiy V., Kundenko M., Cherepnov I., Lahori A. Mathematical modeling of assessment of the influence of electromagnetic fields on pollution of agricultural land. *Environmental Problems*. 2022. Vol. 7, №3. P. 109-117. doi.org/10.23939/ep2022.03.109.

*Рудаков С. В., кандидат технічних наук, доцент,  
доцент кафедри пожежної профілактики в*

*населених пунктах, НУЦЗ України*

*Коваленко І. М., магістр*

*магістратури НУЦЗ України*

## **МЕТОД КОНТРОЛЮ СТУПЕНЯ ТЕРМІЧНИХ УШКОДЖЕНЬ МАТЕРІАЛІВ НА МІСЦІ ПОЖЕЖІ ШЛЯХОМ ВИМІРЮВАННЯ КОЛІРНИХ ХАРАКТЕРИСТИК**

Відомі інструментальні методи для оцінки і контролю ступеня термічних пошкоджень речовин та матеріалів на місці пожежі: спосіб визначення місця виникнення пожежі, який полягає в визначенні інтенсивності люмінесценції екстрактів проб обвуглених залишків деревини, відібраних у різних зонах пожежі, спосіб полягає в визначенні швидкості поширення ультразвукових хвиль в бетонних та залізобетонних конструкціях. До недоліків цих способів можна віднести досить обмежену сферу їх застосування – об'єктом дослідження можуть бути лише матеріали певною природи, характерні для застосовуваного способу.

Інструментальне дослідження матеріалів після пожежі проводиться в кілька етапів:

1 етап – вибір об'єктів дослідження та оцінка можливості проведення вимірів;

2 етап – проведення вимірювань за допомогою приладу контролю термічних ушкоджень;

3 етап – аналіз і встановлення зон з найбільшими термічними ушкодженнями, виявлення осередкових ознак і ознак поширення пожежі.

На першій стадії відбувається візуальне дослідження конструкцій, які збереглися на місці пожежі. Для цього, виходячи з зовнішніх візуальних

ознак, визначається матеріал, з якого виготовлений конструктивний елемент. Оцінюється стан поверхні об'єкта дослідження, а також придатність для проведення інструментального дослідження. При необхідності проводиться попередня підготовка поверхонь матеріалів для проведення вимірювань (очищення від пожежного сміття).

Далі, на другому етапі вибираються точки дослідження з побудовою плану-схеми вимірювань та за допомогою приладу контролю термічних ушкоджень речовин і матеріалів проводяться вимірювання колірних характеристик об'єкта. Сам прилад забезпечує вимірювання оптичних властивостей матеріалу при визначенні його колірних характеристик для аналізу ступеня його пошкодження на місці пожежі. За допомогою пропонованого приладу вимірюються колірні характеристики (RGB) об'єкту, підданого температурному впливу внаслідок пожежі. Дані показання (модуль RGB, що обчислюється) вектора та інтенсивність відбитого кольору порівнюються зі показаннями такого ж матеріалу, який не підданий теплової дії, а також раніше підданим в лабораторних умовах, певному для кожного виду матеріалу, тепловому впливу при різних режимах температури і тривалості нагріву. На підставі різниці в значеннях колірних характеристик робиться висновок щодо режимів теплового впливу на матеріал, який дозволяє встановити місце початкового виникнення горіння (осередка пожежі). Фізико-хімічні процеси, що відбуваються у матеріалі при впливі тепла пожежі, можуть характеризуватися зміною колірних характеристик поверхні матеріалу. При цьому прилад є портативним і універсальним, що досягається за рахунок компактних розмірів, єдиною вимірювальною камери і можливості дослідження різних типів і розмірів матеріалів і конструкцій (рис.1).

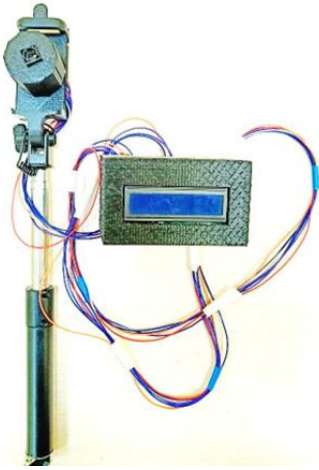


Рисунок 1 – Зовнішній вигляд приладу контролю термічних ушкоджень речовин і матеріалів на місці пожежі

Технічні характеристики дозволяють використовувати пристрій в інтервалі температур, які зустрічаються при роботі після ліквідації горіння на місці пожежі. Мале енергоспоживання дозволяє використовувати невеликі за розміром джерела живлення, які будуть розташовуватися в приладі та забезпечать мобільність та зручність при роботі. Мала чутливість до ІЧ діапазону дозволяє проводити вимірювання тільки видимою частини спектру, що дозволяє використовувати прилад для вимірювання колірних характеристик без впливу температури поверхні в нормальних умовах. Достовірність показів приладу для оцінки ступеня термічних ушкоджень (колірних характеристик) матеріалів оцінювалося за сумісністю результатів з координатами кольору, характерних для еталонів та вимірювань спектрофотометром ВУК.

На третьому етапі, на підставі отриманої інформації, проводиться аналіз і визначається зона з максимальними термічними ушкодженнями. Далі відбувається ідентифікація осередкових ознак і ознак поширення пожежі і в висновку встановлюється осередок пожежі.

Дослідження необхідно проводити після повної ліквідації пожежі та відсутності небезпечних чинників пожежі на будівельних конструкціях та матеріалах, які збереглися після пожежі. Для порівняльного аналізу ступеня

термічних ушкоджень конструкції і матеріали повинні бути однорідні та ідентичні.

Після фіксації показів RGB і інтенсивності відбитого світла необхідно зробити статистичну обробку результатів, а потім побудувати картину (карту або план) розподілу зон термічних пошкоджень, колірних характеристик (далі по тексту КРТП).

КРТП бувають трьох видів:

–поверхнева, в том випадку, коли виміри проводяться по всією площі конструкції;

–лінійна, коли вимірювання проводилися на одній лінії (висоті) по конструкції;

–об'ємна, коли будується зона по трьом вимірам (довжина, ширина, висота).

Побудову карток розподілу термічних пошкоджень найбільш зручно будувати за допомогою комп'ютерних програм, призначених для побудови графічного представлення даних, таких як Excel, Infogram, Mathsoft Axum та інші.

Вимірювання значень колірних характеристик у кожній точці проводяться 12 разів. максимальне і мінімальне значення в кожній точці вимірювань не враховується для обробки результатів, в зв'язку з виключенням випадкової помилки. Для визначення середнього результату дані 10 вимірювань заносяться в таблиці. Далі проводиться статистична обробка результатів вимірювань. Довірчий інтервал для математичного очікування розраховувався з довірчою ймовірністю 0,99.

Під час аналізу отриманої інформації з метою встановлення осередку пожежі необхідно пам'ятати, що ми визначаємо зону з максимальними термічними ураженнями. Створення цієї зони обумовлено дією двох факторів температурою і тривалістю горіння, причому температура надає суттєво більший вплив, чим тривалість. За даною причиною при встановленні



осередку пожежі необхідно враховувати пожежне навантаження, повітрообмін в приміщенні, а також дії пожежних підрозділів при гасінні пожежі.

Розроблений спосіб контролю ступеня термічних пошкоджень, який включає дослідження на місці пожежі збережених конструкцій і матеріалів, відрізняється тим, що як об'єкти дослідження виступають матеріали, які під впливом температури змінюють свої колірні характеристики. Спосіб є універсальним в частини застосування для більшості матеріалів, які зустрічаються на пожежі. Спосіб дозволяє оцінити температуру впливу на матеріали в межах, характерних для фізичних змін конкретного досліджуваного об'єкта, і може перебувати в температурному інтервалу пожежі. Вогнищеву зону та шляхи поширення пожежі виявляють за аналізом колірних характеристик поверхні матеріалу.

Таким чином:

1. Обґрунтовано вибір об'єктів дослідження для розробленого методу.
2. Вдосконалено метод неруйнівного контролю речовин і матеріалів, що дозволяє інструментально за зміною колірних характеристик встановити ступінь термічних ушкоджень і осередку пожежі, що дозволить підвищити об'єктивність зроблених висновків.
3. Метод є універсальним у частині застосування для більшості матеріалів, які зустрічаються на пожежі і дозволяє оцінити температуру впливу на матеріали в межах характерних для фізичних змін конкретного досліджуваного об'єкта.

*Лорія М. Г., д.т.н., професор*

*Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля*

*Салінко Г. О., студент групи АТП-23д*

*Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля*

## **ВИКОРИСТАННЯ ДРОНІВ ДЛЯ БЕЗПЕРЕРВНОГО КОНТРОЛЮ ПОТЕНЦІЙНО НЕБЕЗПЕЧНИХ ОБ'ЄКТІВ: МЕТРОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ТА ВИКЛИКИ**

Дрони, оснащені високоточними сенсорами, стають одним з основних інструментів для моніторингу об'єктів з підвищеним рівнем небезпеки, таких як хімічні заводи, нафтопереробні підприємства та атомні електростанції. Завдяки можливості працювати в автономному режимі та здійснювати віддалений контроль, дрони значно підвищують рівень безпеки і дозволяють своєчасно виявляти потенційні загрози. Проте для забезпечення надійності та точності вимірювань необхідно враховувати ряд метрологічних аспектів, включаючи питання калібрування, стабільності та безперервності даних.

**Мета дослідження.** Основна мета цієї роботи полягає у визначенні специфічних вимог до застосування дронів для безперервного моніторингу об'єктів підвищеної небезпеки, вивченні можливостей підвищення точності вимірювань і подоланні викликів, пов'язаних з метрологічною стабільністю та надійністю отриманих даних.

**Методи і підходи.** У дослідженні використовується комплексний підхід до моніторингу, що включає поєднання різноманітних сенсорів:

Газові аналізатори (метан, аміак, вуглекислий газ та інші гази) – дозволяють виявляти витіки і визначати концентрацію шкідливих речовин у повітрі. Дрони, оснащені такими сенсорами, можуть здійснювати аналіз газового складу на значній відстані та отримувати результати в реальному часі.

Тепловізійні камери – незамінні для ідентифікації перегріву обладнання чи виявлення несправностей у системах охолодження. Наприклад, тепловізори на дронах успішно використовуються для виявлення перегріву у трансформаторах і трубопроводах на електростанціях, де підвищена температура може свідчити про дефекти.

Лідари – забезпечують високоточне визначення відстаней, що особливо важливо при обстеженні складних конструкцій, наприклад резервуарів для хімічних речовин, нафтових веж чи сталевих каркасів. Лідари також допомагають створювати тривимірні карти промислових об'єктів для точного відстеження їх стану.

Спектрометри – використовуються для детекції викидів забруднюючих речовин та контролю за складом атмосфери в промислових зонах. Такі сенсори дозволяють виявляти навіть незначні коливання в концентрації токсичних речовин.

**Метрологічні аспекти.** Для забезпечення точності вимірювань необхідно враховувати специфіку сенсорів, що працюють в умовах змінної температури, вологості та висоти. Такі фактори, як вітер, сонячне випромінювання, зміни тиску можуть впливати на стабільність роботи сенсорів, а отже, і на точність отриманих даних. Наприклад, газові аналізатори можуть вимагати регулярного калібрування для зниження похибок, викликаних температурними змінами на різних висотах.

Для вирішення цієї проблеми важливо здійснювати постійне калібрування і використовувати сенсори, адаптовані для роботи в екстремальних умовах. Рекомендовано проводити метрологічну атестацію всіх сенсорів до встановлення на дрон для забезпечення точності даних. Крім того, застосування алгоритмів корекції похибок дозволяє компенсувати вплив зовнішніх факторів і підвищити достовірність отриманої інформації.

**Безперервність вимірювань.** Одним із ключових аспектів використання дронів є забезпечення безперервності передачі даних з

сенсорів. Завдяки використанню 5G технологій або спеціальних мереж, таких як LoRaWAN, дрони можуть передавати дані на великі відстані у реальному часі. Крім того, автономні зарядні станції для дронів дозволяють забезпечити їх безперервну роботу в режимі 24/7, що є критично важливим для довготривалих проєктів на великих промислових об'єктах.

Дрони також можуть бути оснащені системами автоматичного повернення для зарядки, що дозволяє значно знизити ризик зупинок у роботі та забезпечити безперервність моніторингу навіть у важкодоступних місцях. Однак, під час використання цієї технології необхідно враховувати затримки передачі даних і можливість втрати сигналу в складних умовах, наприклад, при наявності перешкод або у приміщеннях з великою кількістю металевих конструкцій.

**Результати дослідження.** Проведені експерименти показали, що дрони з багатофункціональними сенсорами здатні знижувати похибку вимірювань до 10 % у порівнянні з традиційними методами. Виявлено, що використання алгоритмів машинного навчання дозволяє підвищити ефективність обробки даних на 25 % за рахунок виявлення аномальних показників у режимі реального часу. Наприклад, дрони на нафтопереробних об'єктах успішно використовуються для моніторингу концентрації шкідливих речовин у повітрі, виявлення витоків і температурних аномалій.

**Практична значущість.** Результати дослідження підтверджують ефективність застосування дронів у галузях, де високий ризик виникнення аварійних ситуацій і необхідний постійний моніторинг. Зокрема, використання дронів у нафтовидобувній промисловості дозволяє знизити кількість аварійних зупинок за рахунок раннього виявлення загроз. У хімічній галузі такі технології допомагають виявляти витoki небезпечних речовин, попереджаючи ризик їх поширення.

**Висновки.** Дослідження показало, що інтеграція дронів з високоточними сенсорами та сучасними алгоритмами аналізу є

перспективним напрямом для підвищення рівня безпеки на небезпечних об'єктах. Використання технологій автономного заряджання і бездротового зв'язку дозволяє забезпечити безперервність моніторингу, а впровадження моделей прогнозування ризиків сприяє своєчасному реагуванню на зміни параметрів. Усе це робить дрони надійним інструментом для роботи на великих промислових об'єктах.

### **Список використаної літератури:**

1. Castañeda, D., & Torres, M. (2023). Drone-Based Remote Sensing in Hazardous Environments: A Review of Current Technologies. *International Journal of Industrial Safety Engineering*, 50(4), 412-429.
2. Wilkins, T., & Gomez, P. (2022). Challenges in Drone Calibration for Environmental Monitoring. *Journal of Measurement Science*, 41(2), 145-163.
3. Allen, R., & Fisher, L. (2021). Machine Learning for Early Warning Systems in Industrial Drones. *Journal of Applied Robotics and Intelligent Systems*, 28(3), 210-226.

*Карнюк Л. В., старший викладач*

*Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля*

*Салінко Н. М., студент групи АТП-22д*

*Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля*

## **МЕТОДИ ВИМІРЮВАННЯ ТА КОНТРОЛЮ ПАРАМЕТРІВ БЕЗПЕКИ ПРИ ДИСТАНЦІЙНОМУ УПРАВЛІННІ РОБОТИЗОВАНИМИ СИСТЕМАМИ НА НЕБЕЗПЕЧНИХ ОБ'ЄКТАХ**

Роботизовані системи, які використовуються на техногенно небезпечних об'єктах, відіграють важливу роль у мінімізації ризиків для операторів, що працюють у небезпечному середовищі. Завдяки сучасним вимірювальним технологіям дистанційного моніторингу, ці системи можуть забезпечувати

безпеку та своєчасно виявляти потенційно небезпечні ситуації. Проте розвиток таких технологій вимагає нових підходів до вимірювання, збору та обробки даних, а також інтеграції передових алгоритмів машинного навчання для прогнозування можливих аварійних ситуацій.

**Мета дослідження.** Основною метою роботи є розробка та вдосконалення методів вимірювання і контролю ключових параметрів безпеки, що дозволяють підвищити рівень безпеки роботизованих систем на техногенно небезпечних об'єктах. Особливу увагу приділено розробці технологій дистанційного контролю, що дозволяють віддалено керувати роботою системи та мінімізувати ризик для персоналу, який працює в небезпечних умовах.

**Методи і підходи.** Для вирішення поставленої задачі використовуються багатоканальні сенсорні системи, які здатні вимірювати параметри, такі як температура, вологість, рівень токсичних газів, вібрація та інші показники. Ці сенсори об'єднані у єдину мережу, що дозволяє забезпечити комплексний моніторинг стану об'єкта. Серед найпоширеніших сенсорів – лазерні та ультразвукові датчики, які дозволяють контролювати параметри безпеки на значних відстанях.

**Оптичні сенсори.** Вони дозволяють виявляти наявність певних хімічних речовин у повітрі шляхом аналізу поглинання світла на різних довжинах хвиль. Наприклад, спектрометри на основі лазерної спектроскопії можуть виявляти викиди метану чи аміаку у реальному часі, що особливо важливо для моніторингу у хімічних та газових промисловостях.

**Акустичні сенсори.** Застосування таких сенсорів дає можливість виявляти зміни у структурі об'єктів або витіки рідин та газів. Завдяки високій чутливості до звукових коливань, акустичні сенсори можуть виявляти навіть незначні аномалії, які можуть свідчити про зростаючу небезпеку.

**Інфрачервоні сенсори.** Вони використовуються для контролю температури у реальному часі, особливо у важкодоступних місцях. Наприклад, інфрачервоні камери допомагають оперативно виявляти перегрів обладнання, що може свідчити про небезпечний стан.

У роботі також досліджуються можливості використання Інтернету речей (IoT) та протоколів бездротового зв'язку (наприклад, LoRaWAN або NB-IoT), що дозволяють забезпечити стабільну та безперервну передачу даних на великі відстані. Це важливо для віддаленого моніторингу та забезпечення безперебійного зв'язку між об'єктом і центром керування.

**Алгоритми машинного навчання.** Для обробки даних, що надходять з сенсорів, та прогнозування можливих ризиків використовуються алгоритми глибинного навчання, такі як Long Short-Term Memory (LSTM) і Recurrent Neural Network (RNN). Завдяки їм можна аналізувати часові ряди даних та виявляти приховані патерни, що можуть свідчити про наближення аварійної ситуації. Наприклад, у разі різкої зміни вібраційних характеристик обладнання модель може попередити про можливе механічне пошкодження ще до його фактичного виникнення.

**Результати дослідження.** Експериментальні випробування показали, що запропоновані методи значно підвищують точність і надійність дистанційного моніторингу. Використання багатоканальних сенсорних систем дозволило знизити час виявлення аномалій на 30 % порівняно з традиційними підходами. Використання LSTM і RNN моделей дало можливість прогнозувати аварійні ситуації з точністю до 90 %, що дозволило зменшити кількість помилкових спрацювань системи на 20 %.

Одним із ключових практичних результатів дослідження стало виявлення можливості оптимізації кількості сенсорів, що розташовуються у критичних точках об'єкта. Завдяки інтеграції алгоритмів машинного навчання вдалося мінімізувати витрати на обслуговування обладнання і

забезпечити високу точність прогнозування за рахунок оптимального розташування сенсорів.

**Практична значущість.** Запропоновані методи вимірювання та контролю параметрів безпеки можуть бути застосовані у високоризикових галузях, таких як атомна енергетика, хімічне виробництво, гірничодобувна промисловість та інші галузі, де необхідний постійний контроль і моніторинг небезпечних параметрів. Впровадження цих технологій дозволить забезпечити вищий рівень безпеки для персоналу, зменшити залежність від присутності людини у небезпечних зонах, а також підвищити ефективність і надійність роботизованих систем.

**Висновки.** Розробка та впровадження сучасних вимірювальних технологій для дистанційного моніторингу параметрів безпеки на техногенно небезпечних об'єктах є перспективним напрямом, що може значно підвищити рівень безпеки та знизити ризики аварійних ситуацій. Комбінація багатоканальних сенсорів, передових алгоритмів обробки даних і IoT технологій забезпечує надійний моніторинг і дозволяє ефективно реагувати на зміни параметрів об'єкта у режимі реального часу.

#### **Список використаної літератури:**

1. Bellinger, E., & Harris, J. (2021). Advances in Remote Sensing for Industrial Safety. *Journal of Industrial Safety Engineering*, 34(2), 145-162.
2. Rodriguez, T., & Meyers, L. (2022). Machine Learning Applications for Hazard Prediction in High-Risk Environments. *International Journal of Safety Science*, 48(3), 312-329.
3. Brown, S. M., & Clarke, R. (2023). Implementation of IoT-Based Monitoring Systems for Chemical Safety. *Chemical Engineering Transactions*, 54(1), 98-105.



*Сотнікова Т. Г., доцент, кандидат технічних наук*  
*Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля*  
*Салінко Р. І., студент групи АТП-23д*  
*Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля*

## **ЗАСТОСУВАННЯ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ ДЛЯ МОНІТОРИНГУ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ АВАРІЙНИХ СИТУАЦІЙ НА ТЕХНОГЕННО НЕБЕЗПЕЧНИХ ОБ'ЄКТАХ**

**Вступ.** Техногенні об'єкти, такі як підприємства важкої промисловості, атомні електростанції, хімічні заводи та нафтопереробні комплекси, є критично важливими для економіки, але вони також становлять підвищену загрозу для життя людей та навколишнього середовища. Аварії на таких об'єктах можуть мати катастрофічні наслідки, спричиняючи великі втрати, забруднення і навіть загибель людей. Тому своєчасний моніторинг параметрів роботи таких об'єктів та оперативне реагування на загрози є важливими для запобігання аварійним ситуаціям. Проте існуючі системи моніторингу, засновані на класичних підходах, часто не забезпечують необхідної точності та швидкості виявлення аномалій, особливо в умовах складних техногенних процесів та великої кількості вхідних даних. Таким чином, застосування методів штучного інтелекту та нейронних мереж стає все більш актуальним для забезпечення безпеки на об'єктах підвищеної небезпеки.

**Проблематика традиційних методів моніторингу.** Традиційні методи, що використовуються для контролю техногенних об'єктів, часто базуються на простих математичних моделях або ручному аналізі даних. Такі методи можуть бути недостатньо ефективними через складність систем, велику кількість параметрів і багатофакторні процеси. Часто ці методи не можуть виявити приховані закономірності та аномалії, які можуть передувати

аварійній ситуації, що значно знижує їх ефективність. Нейронні мережі, особливо архітектури глибокого навчання, такі як рекурентні нейронні мережі (RNN), можуть заповнити цю прогалину, забезпечуючи точний і швидкий аналіз великих обсягів даних у реальному часі.

**Мета дослідження.** Основною метою цього дослідження є розробка алгоритму на основі нейронних мереж, який може бути використаний для моніторингу та прогнозування аварійних ситуацій на об'єктах підвищеної небезпеки. Алгоритм повинен забезпечити здатність до аналізу великих масивів даних у режимі реального часу, виділяючи приховані закономірності та виявляючи аномальні показники, що свідчать про можливі аварійні ситуації. Очікується, що розроблена система буде здатна попереджати персонал про потенційні загрози, надаючи їм час для реагування та вжиття необхідних заходів безпеки.

**Методи дослідження.** Для реалізації цілей дослідження були обрані методи глибокого навчання, зокрема рекурентні нейронні мережі (RNN) і їхні варіації – довго-короткострокова пам'ять (LSTM) та гейтові рекурентні одиниці (GRU). RNN є оптимальними для роботи з часовими рядами, що дозволяє аналізувати динаміку змін ключових параметрів у часі. LSTM і GRU є покращеними варіаціями RNN, які вирішують проблему затухання градієнта і дозволяють враховувати довготривалі залежності у даних. Ці моделі дозволяють аналізувати такі показники, як тиск, температура, концентрація речовин, рівень вібрації та інші параметри, що фіксуються сенсорами на об'єктах.

**Збір даних для навчання моделі.** Для навчання та тестування моделі було використано великий обсяг даних, зібраних з датчиків на об'єктах. Дані містять часові ряди ключових параметрів, що дозволяє формувати тренувальний набір для моделі. Перед запуском процесу навчання дані проходять попередню обробку, яка включає нормалізацію, видалення шумів і заповнення пропусків. Залежно від складності об'єкта та доступності даних,

може знадобитися додатковий етап генерації синтетичних даних для покращення моделі.

**Результати тестування моделі.** Після завершення навчання модель була протестована на окремій вибірці даних. Результати показали високу точність прогнозування аварійних ситуацій: модель виявляла аномальні показники з точністю до 85 %. Це значний показник для об'єктів підвищеної небезпеки, що дозволяє знижувати ризик виникнення аварій. Під час тестування було виявлено, що модель здатна працювати в режимі реального часу, виявляючи приховані закономірності та надаючи персоналу додатковий час для реагування на можливі небезпеки.

**Практична значущість.** Розроблена система може бути впроваджена в автоматизовані системи моніторингу промислових підприємств. Використання такої системи дозволить значно підвищити рівень безпеки як для працівників, так і для довкілля, забезпечуючи своєчасне виявлення потенційних загроз. Важливою особливістю є здатність системи працювати у режимі реального часу, що підвищує оперативність і ефективність превентивних заходів.

**Переваги системи та подальші перспективи.** Система не лише здатна прогнозувати аварійні ситуації, але й ефективно адаптується до нових даних, що робить її універсальною для застосування на різних об'єктах. Вона демонструє високі показники точності, надійності та адаптивності, що дозволяє її використовувати у різних галузях промисловості. Подальші дослідження можуть бути спрямовані на вдосконалення архітектури моделі та адаптацію її до специфічних умов конкретних об'єктів.

**Висновки.** Дослідження демонструє, що нейронні мережі є ефективним інструментом для моніторингу та прогнозування аварійних ситуацій на техногенно небезпечних об'єктах. Запропонована система має значний потенціал для підвищення рівня безпеки на об'єктах підвищеної небезпеки, зниження ризику аварійних ситуацій та збереження екологічної безпеки.

### **Список використаної літератури:**

1. Герасимов, В. М., Федоренко, Л. В. "Моніторинг і прогнозування аварійних ситуацій на промислових об'єктах." Техногенна безпека, т. 10, вип. 1, 2018, с. 45-52.
2. Ivanov, A., Petrov, B., & Sidorov, C. "Deep learning methods in industrial safety." International Journal of Safety and Security Engineering, vol. 8, no. 3, 2019, pp. 123-130.
3. Кравченко, О. С. "Системи прогнозування аварійних ситуацій на основі нейронних мереж." Актуальні проблеми технічних наук, т. 15, вип. 4, 2020, с. 60-68.
4. Nguyen, D., & Tran, P. "Recurrent neural networks for anomaly detection in industrial systems." Journal of Industrial Engineering and Management, vol. 12, no. 1, 2021, pp. 78-85.
5. Шевченко, М. А., Лисенко, І. Б. "Технологічні системи на основі машинного навчання для моніторингу ризиків." Техніка і технології безпеки, т. 7, вип. 2, 2019, с. 89-96.
6. Riaz, A., & Tuba, M. "Predictive maintenance and anomaly detection in industrial systems using LSTM networks." IEEE Access, vol. 9, 2021, pp. 123456-123467.

*Троц В. І., студент ХНАДУ*

*Петрукович Д. Є., к.т.н., доцент*

*Харківський національний автомобільно-дорожній університет*

### **АНАЛІЗ МЕТОДІВ ПЕРЕВІРКИ ЧАСУ РЕАКЦІЇ ДАТЧИКІВ ОПОРУ НА ОБ'ЄКТАХ ПІДВИЩЕНОЇ НЕБЕЗПЕКИ**

Час реакції температурного датчика визначають у лабораторних умовах методом занурення. Однак після установки датчика в технологічний процес,

його реакцію необхідно вимірювати за допомогою випробування на ступінчасту зміну контуру струму. Існують також додаткові методи тестування, такі як метод самонагріву та аналіз шумів.

Перевірка часу реакції термодатчиків без їх демонтажу проводиться на об'єктах підвищеної небезпеки з метою щонайменше однієї з наступних задач:

1. Виміряти час реакції датчика в робочих умовах відповідно до вимог технічних умов.

2. Переконатися, що датчики повністю вставлені в термоканал і в ньому відсутні повітряні зазори, забруднення та сторонні предмети.

3. Обґрунтувати необхідність превентивного технічного обслуговування, виявляючи відмови на ранніх стадіях для подальшого контролю процесу старіння датчиків та встановлення об'єктивного графіка їх заміни.

4. Відрізнити несправності датчика від проблем із кабелем або з'єднувальними роз'ємами.

5. Виявити відхилення від нормальної роботи датчиків або технологічного процесу.

Динамічну характеристику датчиків опору традиційно визначали одним параметром – сталою часу для занурення ( $\tau$ ). Вона описує час, за який сигнал на виході датчика досягає 63,2 % від кінцевого сталого значення після раптової зміни температури на його поверхні. Така зміна температури зазвичай досягається при миттєвому зануренні датчика в резервуар з водою, що обертається з відносною швидкістю 1 м/с. Температура води повинна бути або вищою, або нижчою за температуру датчика. Процедуру вимірювання сталої часу  $\tau$  цим способом називають методом занурення.

Варто зазначити, що час реакції температурних датчиків залежить від швидкості потоку та температури рідини, у якій проводиться випробування. Для датчиків у захисних гільзах час реакції також обумовлений якістю з'єднання між робочим кінцем датчика і гільзою. Тому результати

випробувань методом занурення часто не відображають фактичний час реакції датчика в умовах його реальної експлуатації. Для точнішого визначення часу реакції в робочих умовах необхідно проводити випробування методом ступінчастої зміни контурного струму.

На об'єктах підвищеної небезпеки час реакції датчиків температури традиційно перевіряли методом занурення. Проте зняття датчика та екстраполяція результатів на робочі умови спричиняють значні похибки, іноді втричі відмінні від реального значення. Ці обмеження методу занурення стали стимулом для пошуку ефективніших способів оцінки часу реакції датчиків температури, що використовуються на об'єктах підвищеної небезпеки.

Було впроваджено такі методи:

1. Метод реакції на ступеневу зміну петлевого струму (РСПТ). При використанні цього методу чутливий елемент датчика нагрівається електричним струмом, а перехідний процес зміни температури фіксується. Виходячи з цього перехідного процесу, визначається час реакції датчика на зміни зовнішньої температури.

2. Вимірювання коефіцієнта самонагрівання. Цей метод застосовний лише до термодатчиків опору (ТДО) і використовується не для вимірювання часу реакції, а для відстеження його змін. Як і в методі РСПТ, тут здійснюється нагрів чутливого елемента шляхом пропускання через нього електричного струму. Після стабілізації сигналу від датчика вимірюється сталий приріст опору ТДО як функція електричної потужності, поданої на датчик. Отримане значення називається коефіцієнтом самонагрівання (КСН). Будь-яка значна зміна КСН свідчить про зміну часу реакції ТДО, що дозволяє відстежувати зміни КСН для виявлення погіршення реакції датчика.

3. Метод аналізу шумів. У цьому методі реєструються природні коливання (шуми), які виникають у вихідному сигналі датчика під час

роботи, і здійснюється їх аналіз для визначення часу реакції. Цей метод корисний для перевірки часу реакції ТДО.

**Список літератури:**

1. Коваль А. О., Полярус О. В. Використання методів шумів та online діагностики для вдосконалення метрологічного забезпечення на техногенно-небезпечних об'єктах. Вісник НТУ "ХПІ". Харків. 2015. № 35. С. 152-156.

## **Секція 3**

### **Проблемні питання прийняття рішень**



*Ахмадєєв П. В., студент гр. ММ-61-23*

*Грайворонська І. В., доцент кафедри МБЖД, к.т.н.*

*Харківський національний автомобільно-дорожній університет*

## **КВАЛІМЕТРИЧНЕ ОЦІНЮВАННЯ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ ТА ВЛАСТИВОСТЕЙ ПРОМИСЛОВОЇ ПРОДУКЦІЇ**

Якість продукції полягає у сукупності властивостей та характеристик, які дозволяють товару або послугі відповідати обумовленим чи передбачуваним потребам. Різні товари можуть забезпечувати різний рівень задоволення споживачів. Споживачі в цілому більше схильні до товарів, які забезпечують їм найбільше задоволення протягом усього періоду використання. Поняття якості включає в себе широкий спектр характеристик товару, таких як доступність, постачання, техніко-економічні показники, дизайн, надійність, ефективність використання та експлуатації, можливість ремонту, рівень екологічності та інше.

Кожний показник якості, будучи кількісною характеристикою однієї із властивостей об'єкта, повинен відображати здатність цього об'єкта задовольняти громадським потребам в конкретних умовах. При формуванні будь-якого показника якості необхідно враховувати наступні компоненти якості: громадська потреба, конкретні умови, об'єкт та ступінь задоволення потреби.

Показники якості повинні давати відповідь на запитання: в якій мірі розглядуваний об'єкт володіє властивістю задовольняти громадську потребу, інтерес або цінність? Показники якості діляться на: одиничні та комплексні.

Одиничні показники якості відносяться до однієї із властивостей продукції, що визначають якість. Комплексні показники характеризують кілька властивостей виробу, включаючи витрати, що пов'язані з розробкою, виробництвом і експлуатацією.

Для того, щоб здійснити комплексування показників якості використовують суб'єктивний чи функціональний способи.

Функціональний спосіб – знаходження комплексного показника якості полягає в утворенні функціональних залежностей.

Суб'єктивний спосіб – утворення комплексного показника якості полягає в утворенні властивостей предмета за суб'єктивними ознаками.

У номенклатуру показників якості промислової продукції, регламентованої нормативними документами, входять 10 груп показників якості: показники призначення; показники надійності; показники технологічності; показники уніфікації; патентно-правові показники; ергономічні показники; естетичні показники; показники транспортабельності; показники безпеки; екологічні показники. У свою чергу групи показників якості можуть бути підрозділені на підгрупи, а підгрупи на одиничні показники якості.

Одним із методів, що забезпечують якість продукції є визначення вагових коефіцієнтів. Ваговий коефіцієнт – це числовий коефіцієнт, параметр, що відображає значимість, відносну важливість, «вагу» даного чинника або показника в порівнянні з іншими, які впливають на досліджуваний процес. Існує багато способів визначення вагових коефіцієнтів, найбільш поширені з них такі як: спосіб ранжування, попарного зіставлення, тощо. Також проводять комплексування показників якості за трирівневою шкалою. За допомогою цих методів можна знайти вагові коефіцієнти та оцінити найбільш важливі, вагомі показники, властивості продукції, які обумовлюють її придатність задовольнити потреби відповідно до призначення.

### **Література:**

1. Поляков Є. О., Грайворонська І. В. Методичні вказівки до практичних занять з дисципліни «Основи кваліметрії» / ХНАДУ. – Харків, 2018. – 20 с.

*Білаш І. О., студ. гр. АЕ-51-24*

*Кравцов М. М., доцент кафедри МБЖД, к.т.н.*

*Харківський національний автомобільно-дорожній університет*

## **МЕТРОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ В УМОВАХ РОБОТИ НА ТЕХНОГЕННО НЕБЕЗПЕЧНИХ ОБ'ЄКТАХ**

Техногенно небезпечні об'єкти (ТНО) – це промислові об'єкти або інфраструктурні споруди, на яких використовуються або зберігаються потенційно небезпечні речовини чи технології. Серед таких об'єктів – атомні електростанції, хімічні підприємства, заводи з переробки небезпечних матеріалів, а також транспортні системи, що перевозять небезпечні речовини. Аварії на таких об'єктах можуть мати масштабні наслідки для людей, навколишнього середовища та економіки.

Метрологія як наука про вимірювання відіграє ключову роль у підтримці безпеки на ТНО. Чіткі і точні вимірювання важливих параметрів (наприклад, рівня радіації, тиску, температури, концентрації токсичних речовин, електромагнітних випромінювань) дозволяють оперативно приймати правильні рішення для запобігання аваріям. Недостатня метрологічна підтримка може призвести до катастрофічних наслідків, оскільки навіть незначна похибка може створити загрозу життю людей або довкіллю.

Метрологічне забезпечення – це сукупність заходів, спрямованих на забезпечення єдності та достовірності вимірювань. Для ТНО воно включає в себе:

- постійний контроль параметрів об'єкта: моніторинг температури і тиску у резервуарах із небезпечними речовинами;
- виявлення і попередження відхилень у роботі обладнання;

-відповідність міжнародним та національним стандартам (ISO, ДСТУ, СОУ).

Належне метрологічне забезпечення включає точне калібрування та періодичну повірку всього вимірювального обладнання. Зокрема, на атомних електростанціях це може стосуватися датчиків рівня радіації, систем контролю охолодження реактора, автоматизованих систем контролю викидів небезпечних речовин тощо.

Один з найважливіших аспектів у метрології на ТНО – це вимірювальна невизначеність, яка відображає точність і надійність результатів вимірювань. Умови на ТНО можуть бути складними, тому будь-яка помилка в оцінці невизначеності може спричинити негативні наслідки. Оцінка невизначеності включає аналіз усіх можливих факторів, що можуть вплинути на результат вимірювань, як-от:

- температурні коливання;
- нестабільність обладнання;
- вплив зовнішніх факторів, таких як електромагнітні перешкоди або корозія металів.

Під час аварійних ситуацій, наприклад, при витокі небезпечних речовин або підвищенні рівня радіації, чіткі й точні дані вимірювань мають вирішальне значення. Якщо система контролю має високий рівень невизначеності, може виникнути помилка у прийнятті рішень – від недостатньо серйозної реакції до непотрібної евакуації персоналу.

Одним з ключових аспектів безпеки на ТНО є постійний метрологічний контроль. На таких об'єктах використовуються складні автоматизовані системи моніторингу, які постійно аналізують ключові параметри:

- температуру і тиск у виробничих процесах;
- концентрацію небезпечних газів або хімічних речовин;
- радіаційний фон;
- вібрації та рівень шуму.

Системи моніторингу повинні бути надзвичайно точними, оскільки навіть незначні зміни в параметрах можуть свідчити про потенційні небезпеки.

Для забезпечення ефективної роботи ТНО необхідно використовувати засоби вимірювань, які відповідають вимогам стандартів метрології. Основні вимоги до засобів вимірювань:

- висока точність і надійність.
- стійкість до зовнішніх факторів (вологість, температура, електромагнітні поля).
- можливість роботи в умовах підвищеної небезпеки (наприклад, у вибухонебезпечних зонах).

Калібрування таких приладів повинно проводитися відповідно до встановлених графіків, оскільки їх точність може погіршуватися з часом через експлуатаційне навантаження. Процедури калібрування повинні відповідати міжнародним стандартам, наприклад, ISO/IEC 17025, що забезпечує довіру до результатів вимірювань.

Метрологія є невід'ємною частиною систем управління безпекою на ТНО. Вона допомагає створити надійну інформаційну базу для оперативного прийняття рішень, що базується на точних і достовірних даних. Сучасні системи управління безпекою враховують метрологічні вимоги і вбудовують їх у свої алгоритми для забезпечення надійної роботи.

Таким чином, одним з важливих аспектів метрологічного забезпечення є підвищення кваліфікації персоналу, який працює на ТНО. Висока метрологічна грамотність дозволяє операторам і інженерам правильно інтерпретувати результати вимірювань, що сприяє своєчасному виявленню потенційних загроз. Для забезпечення максимальної безпеки необхідно проводити регулярні тренінги та семінари з питань метрології.

### **Використана література:**

1. Закон України. Про метрологію та метрологічну діяльність. <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/1314-18> [електронний ресурс]. Введено в дію з 01.01.2016. – ВВР, 2015, № 14, ст. 96.
2. Соколова, Л. М. (2018). Метрологічне забезпечення на техногенно небезпечних об'єктах. Вісник Національного технічного університету України.
3. Васильєв, П. Г., та ін. (2017). Основи метрології та технічного контролю. Київ: Наукова думка.
4. ДСТУ ISO/IEC 17025:2019. Загальні вимоги до компетентності випробувальних та калібрувальних лабораторій.
5. Петров, І. М. (2020). Безпека на об'єктах підвищеної небезпеки: теорія і практика. Львів: ЛНУ ім. І. Франка.
6. Гришин, О. П., Петров, С. І. (2019). Управління ризиками на об'єктах підвищеної небезпеки. Харків: ХНУ ім. В. Н. Каразіна.
7. Смирнов, В. Г. (2017). Метрологія та контроль параметрів у промисловості. Київ: Наукова думка.
8. Захист населення і територій від надзвичайних ситуацій. Т. 1. Техногенна та природна небезпека. / За загальною редакцією В. В. Могильниченка. – К.: КІМ, 2007, с. 225-273.

*Бесараб О. С., студент гр. ММ-61-23*

*Грайворонська І. В., доцент кафедри МБЖД, к.т.н.*

*Харківський національний автомобільно-дорожній університет*

## **ОБРОБКА ДАНИХ ЩОДО ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ ПРОМИСЛОВОЇ ПРОДУКЦІЇ**

В основі оцінювання рівня щодо якості промислової продукції лежить порівняння сукупності всіх показників якості даної продукції з відповідною

сукупністю всіх показників якості базового зразка (або сукупністю базових значень показників). За такий базовий зразок можна прийняти сукупність реально досягнутих значень показників якості промислової продукції, що приймають для порівняння.

Від конкретного вибору базового зразка значною мірою залежить і результат оцінки рівня якості промислової продукції. Тому слід ретельно, всебічно та продумано підходити до такого вибору базових зразків. Використання застарілих та технічно недосконалих зразків призводить до спотвореної, необґрунтовано завищеної оцінки щодо рівня якості промислової продукції. Таким чином, базовими зразками можуть бути:

- на стадії розробки – промислова продукція, що відповідає реально здобутим перспективним вимогам (перспективний зразок та запланована до виробництва промислова продукція, показники якої закладені в технічному завданні або технічному чи робочому проектах);

- на стадії виготовлення – це промислова продукція, що виробляється або в Україні, або за кордоном, показники якості якої на момент оцінки відповідають найвищим вимогам, державним стандартам України (ДСТУ), технічним умовам або міжнародним стандартам, що регламентують найефективніші та оптимальні значення показників якості промислової продукції.

Встановлена на момент оцінювання номенклатура показників якості базового зразка повинна відповідати номенклатурі показників якості промислової продукції, що оцінюється. Всі методи визначення конкретних значень показників якості та одиниці їх вимірювання для базового зразка та промислової продукції, що оцінюється, повинні бути ідентичними, таким чином, щоб забезпечити їх сумісність.

Вибір базових зразків для окремих видів промислової продукції проводиться центральними та головними конструкторськими організаціями, головними та базовими організаціями зі стандартизації.

Оцінка рівня якості може проводитися як для однорідної промислової продукції (наприклад, промислова продукція одного виду та призначення), так і для різнорідної галузі, що випускається підприємством.

До основних методів обробки та аналізу даних вимірювань, що важливі для забезпечення високої якості промислової продукції, підвищення ефективності виробничих процесів та оптимізації витрат, можна віднести :

- статистичний аналіз;
- методи регресійного аналізу;
- кореляційний аналіз;
- метод найменших квадратів;
- методи перевірки гіпотез;
- факторний аналіз;
- методи машинного навчання та штучного інтелекту;
- аналіз методом кінцевих елементів (Finite Element Analysis, FEA);
- шумовий аналіз;
- контроль за допомогою вимірювальних приладів.

Усі ці методи можна використовувати на будь-яких етапах виробництва для підвищення точності вимірювань та аналізу контролю якості.

*Крайнюк М. Ю., аспірант ХНАДУ*

*Харківський національний автомобільно-дорожній університет*

## **ОПТИМІЗАЦІЯ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ДЛЯ БЕЗПЕЧНОЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ДОРОЖНЬО-БУДІВЕЛЬНОЇ ТЕХНІКИ**

Дорожньо-будівельні машини є важливими для будівництва й експлуатації транспортної інфраструктури, особливо на техногенно небезпечних об'єктах. Через обмежені простори, нестабільні ґрунти й важкі погодні умови підвищується ризик аварій, що вимагає оптимізації прийняття



рішень. Використання ефективних алгоритмів та автоматизації допомагає мінімізувати ризики й забезпечити стабільну роботу техніки навіть у небезпечних умовах, таких як обвали, зсуви ґрунту та людський фактор.

Традиційні методи включають регулярні перевірки технічного стану машин, інструктаж персоналу та використання стандартних протоколів безпеки. Однак, такі методи можуть бути недостатньо ефективними в умовах підвищеної небезпеки або непередбачуваних обставин.

Оптимізація прийняття рішень у галузі безпеки експлуатації дорожньо-будівельної техніки має на меті підвищення рівня безпеки операцій за рахунок мінімізації ризиків, пов'язаних із технічними несправностями, людським фактором, і зовнішніми небезпеками, характерними для техногенних об'єктів. Ефективне впровадження алгоритмів та методів оптимізації сприяє своєчасній ідентифікації ризиків, прийняттю обґрунтованих рішень щодо експлуатації машин та підвищенню їхньої надійності в складних умовах.

Один із ключових методів оптимізації – це аналіз технічних даних, який дозволяє фахівцям вчасно виявляти ознаки можливих відмов. Застосовуються різні алгоритми обробки даних, серед яких:

- Алгоритми машинного навчання для прогнозування поломок, що включають аналіз історичних даних (вібрацій, температур, навантажень) з метою виявлення ознак зносу або порушень у роботі.

- Оптимізаційні моделі технічного обслуговування, наприклад, методи на основі предикативного обслуговування, які дозволяють планувати час технічних оглядів, що знижує ймовірність аварій та простоїв.

- Методи діагностики (наприклад, спектральний аналіз), які допомагають розпізнавати певні проблеми за звуками, вібраціями чи іншими показниками роботи техніки.

Такі методи дозволяють забезпечити максимальну продуктивність машин із мінімальним ризиком виникнення аварій, що важливо для безперервної роботи на техногенно небезпечних об'єктах.

З огляду на специфіку техногенно небезпечних об'єктів, ризики для дорожньо-будівельної техніки та персоналу можуть включати різні аспекти: загрозу вибухів, обвали, радіаційне випромінювання або хімічне забруднення. Оптимізація в таких умовах передбачає використання методів оцінки ризиків та зменшення ймовірності реалізації негативних сценаріїв:

- Метод Монте-Карло для моделювання можливих небезпечних ситуацій і оцінки ймовірностей різних сценаріїв. Це дозволяє передбачити ймовірність виникнення небезпечних ситуацій та запланувати заходи безпеки.

- Методи багатокритеріальної оптимізації (зокрема, метод аналізу ієрархій) для вибору оптимальних рішень за кількома критеріями, такими як безпечність, витрати на обслуговування, швидкість виконання робіт.

- Нечіткі логічні моделі для оцінки складних ситуацій, у яких важко дати точну кількісну оцінку ризиків. Це особливо актуально, коли виникає потреба врахувати різноманітні фактори, що впливають на безпечну експлуатацію машин.

Сучасні інтелектуальні системи дозволяють застосовувати алгоритми, що автоматизують процеси контролю і прийняття рішень у реальному часі:

- Інтеграція сенсорів та IoT (Інтернету речей) для постійного моніторингу технічного стану машин та умов навколишнього середовища. Система виявлення відхилень від норми, наприклад, у вібраціях чи температурі, може автоматично сповіщати оператора або навіть зупинити машину в разі небезпеки.

- Автоматизовані алгоритми реагування на небезпеку — наприклад, автоматичне зниження швидкості або зупинка машин поблизу небезпечних зон або у випадку виявлення небезпечних умов.

- Моделі прогнозування ймовірності інцидентів на основі алгоритмів штучного інтелекту, що забезпечує швидку оцінку ризиків та вибір оптимального рішення для мінімізації цих ризиків у реальному часі.

Для ефективного управління дорожньо-будівельною технікою в умовах техногенно небезпечних об'єктів важливим є планування оптимальних маршрутів і завдань:

- Алгоритми оптимізації маршрутів (наприклад, алгоритм Дейкстри, генетичні алгоритми) використовуються для забезпечення безпечного переміщення техніки в зонах підвищеного ризику, що мінімізує час перебування машин у небезпечних зонах та знижує загальне навантаження на техніку.

- Застосування алгоритмів розподілу завдань для оптимізації роботи машин з урахуванням їхнього технічного стану, залишкового ресурсу та рівня ризиків у різних частинах об'єкта. Це сприяє раціональному використанню техніки та дозволяє уникнути перенавантаження чи передчасного зношення.

Людський фактор є важливим елементом безпеки експлуатації дорожньо-будівельних машин. Тому оптимізація прийняття рішень включає:

- Моделі врахування стомлюваності оператора, що оцінюють ймовірність помилок залежно від часу роботи, умов освітлення та температури. Це дозволяє забезпечити ротацію працівників або автоматичне зниження навантаження на оператора в умовах підвищеного ризику.

- Психофізіологічні методи контролю (наприклад, виявлення симптомів стресу чи втрати концентрації), які дозволяють запобігати аварійним ситуаціям, пов'язаним з помилками оператора.

Алгоритм прийняття рішень для безпечної експлуатації дорожньо-будівельної техніки включає кілька ключових етапів (рис. 1). Спершу проводиться оцінка даних із сенсорів для виявлення можливих відхилень у стані машини. Далі відбувається аналіз поточного стану, зіставлення із

історичними даними та прогнозування ризику виникнення інцидентів. На основі рівня ризику приймається відповідне рішення: продовження роботи, зниження швидкості або зупинка машини.

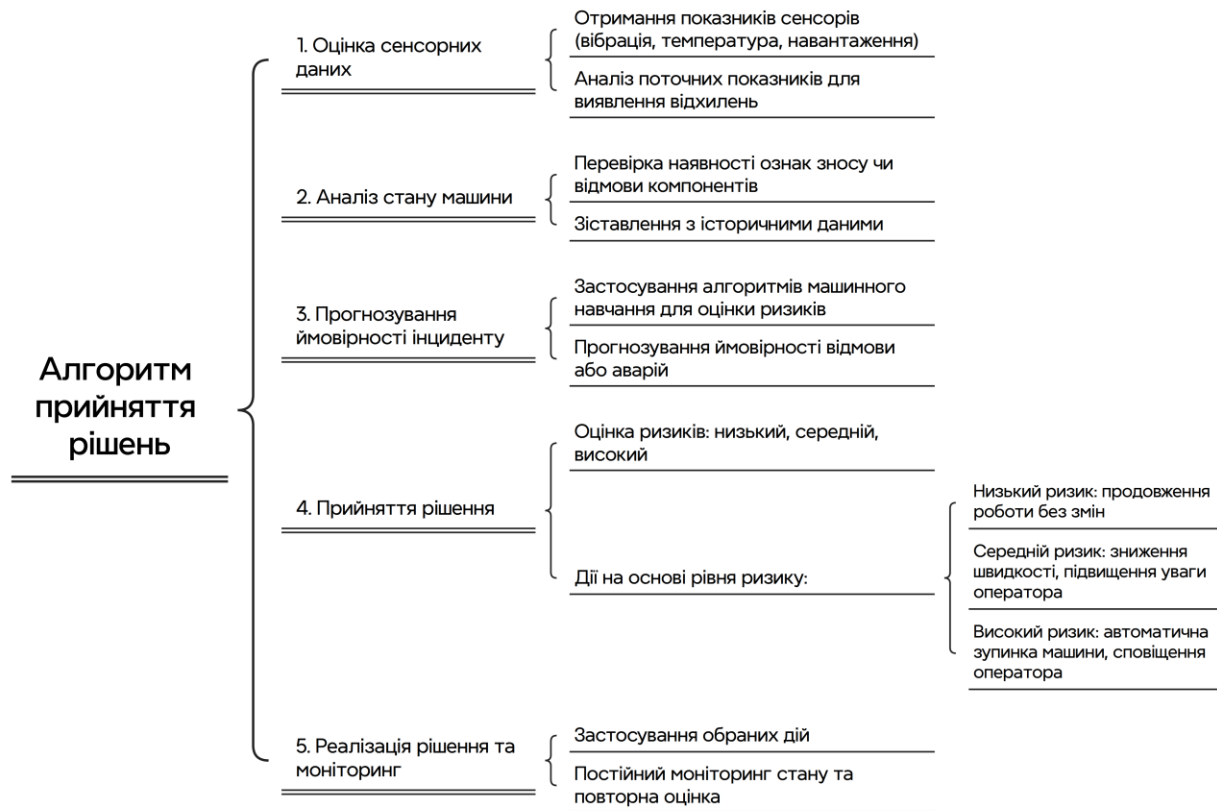


Рисунок 1 – Алгоритм прийняття рішень для безпечної експлуатації дорожньо-будівельної техніки

Оптимізація прийняття рішень для безпечної експлуатації дорожньо-будівельних машин на техногенно небезпечних об'єктах потребує комплексного підходу, що включає аналіз технічного стану машин, моніторинг навколишнього середовища, використання інтелектуальних систем для прогнозування і управління ризиками, а також врахування людського фактора. Використання сучасних алгоритмів і методів оптимізації дає змогу підвищити безпеку та надійність експлуатації техніки, знижуючи ймовірність аварій і простоїв.

## **СУЧАСНІ ДІАГНОСТИЧНІ ТЕХНОЛОГІЇ МАШИНОБУДУВАННЯ**

Сучасний сталий розвиток технологій машинобудування, зокрема приладобудування, неможливий без відповідного та випереджаючого розвитку засобів і методів технічного діагностування, контролю якості, надійності та безпеки продукції [1, 2]. Попередження дефектів при виробництві виробів і відмов при їх експлуатації, а також прогнозування аварій і катастроф вимагає використання все більш достовірних діагностичних рішень для досягнення обґрунтованих висновків про надійність обладнання. У зв'язку з цим контроль (неруйнівний контроль) і технічна діагностика є одними з основних способів отримання інформації про надійність і безпеку обладнання. Все більш складні завдання підвищення якості промислової продукції та надійності обладнання вимагають подальшого вдосконалення методів і засобів неруйнівного контролю (НК) і технічної діагностики (ТД). Багато нових завдань не можуть бути вирішені стандартними методами неруйнівного контролю. З'являються дуже складні матричні системи, комбінації різних методів і груп фізичних параметрів для виявлення фізичних полів у просторі. Підвищення безпеки досягається за рахунок необхідного збільшення вартості. Виникає проблема визначення оптимального рівня витрат, при якому технологія і виробництво можуть залишатися рентабельними: застосування систем ПК і ТД збільшує вартість виробів у виробництві та експлуатації, але їх використання на всіх етапах виробництва, контролю та експлуатації дозволяє істотно підвищити надійність виробів і обладнання, що в кінцевому підсумку призводить до значного народногосподарського ефекту. Основними особливостями сучасних комп'ютерних систем є значне збільшення кількості

параметрів, що перевіряються (багатофункціональність) та підвищення продуктивності задач контролю. Необхідність отримання великих обсягів інформації при контролі багатьох виробів призвела до все більшого впровадження автоматизованих і роботизованих систем неруйнівного контролю. Неруйнівний контроль показав особливу перспективність в місцях, де присутність людини незручна або небезпечна, наприклад, при контролі дуже великих поверхонь, високого рівня радіації, високих температур, суворих умов навколишнього середовища і космічного простору. Точність таких систем залежить від чутливості та роздільної здатності вимірювальних каналів і перетворювачів інформації, що входять до складу системи. Багато приладів працюють на основі відносних вимірювань. Їх похибки залежать від повторюваності вимірюваних значень і точності фізичних еталонів, що використовуються для калібрування і калібрування вимірювальних ланцюгів. Поряд з вбудованою автоматичною діагностикою, автоматизація калібрування і вимірювальних ланцюгів стає все більш поширеною в системах неруйнівного контролю. Слід зазначити, що в багатьох системах неруйнівного контролю з високим ступенем автоматизації функція оператора є складною, але й дуже залежною від результатів. Оператори, як і раніше, відіграють важливу роль у розшифровці радіологічних зображень, прийнятті рішень при виявленні аномалій і оцінці явищ, викликаних декількома причинами зі слабкими кореляціями. Природно, що реєстрація лише ефектів взаємодії фізичних полів однієї природи (частоти) з об'єктом спостереження не дає достатньо повної об'єктивної інформації про об'єкт спостереження. Наприклад, використання рентгенівських променів під час контролю не гарантує виявлення тріщин, несплавлень тощо. Тільки комбіновані методи контролю з різними принципами взаємодії з матеріалом, такі як радіаційно-оптичні, електромагнітно-акустичні та магнітооптичні, можуть усунути недоліки досліджень, доповнити один одного і надати достатню інформацію про якість

промислової продукції. У цьому напрямку потребує вирішення проблема сумісності інформації, отриманої різними методами. Необхідно кількісно оцінити дані від використовуваних методів неруйнівного контролю та розробити оптимальні алгоритми інтегральної кількісної оцінки якості продукції. Розглянемо основні напрямки розвитку ПК і ТД:

1. інтелектуалізація методів і засобів ПК і ТП.
2. розвиток єдиної системи управління технічним об'єктом і навколишнім середовищем.
3. вдосконалення методів діагностики.

Вирішення проблеми діагностики базується, перш за все, на оптимальному виборі фізичного явища, яке забезпечує найбільш об'єктивну інформацію про діагностичні параметри. Найважливішою проблемою є не встановлення відхилень від нормованих параметрів як дефектів, а вивчення і реєстрація фізичних та інших ефектів, які відбуваються до того, як матеріал або виріб перейде в «дефектний» стан. Діагностична розвідка починається, перш за все, з правильного вибору фізичного еквівалента, який найбільше відповідає досліджуваному явищу і характеризує роботу об'єкта. На цій основі повинні бути розроблені методи діагностики. Для вирішення цього завдання ми використовуємо мікроелектронні датчики, засновані на різних фізичних явищах. Широкий асортимент перетворювачів і сенсорів вимагає раціонального вибору найкращих варіантів для практичного використання та узгодження з параметрами, що досліджуються, і функціями управління, які необхідно контролювати. Інтелектуалізація сучасних методів неруйнівного контролю та неруйнівного контролю базується на їх інтенсивній комп'ютеризації, розробці численних алгоритмів контролю та функціональної діагностики, перетворенні діагностичної інформації в 2D і 3D зображення і подальшій обробці в реальному часі, амплітудній, фазовій і частотній обробці багатовимірних сигналів, впровадженні спеціальних процесорів в обладнання, експертній діагностичній системі, пов'язані з

багатоверстатними інспекційними комплексами для великих промислових об'єктів.

Діагностика об'єкта не може бути проведена з наближеною точністю без дослідження основних факторів, що впливають на нього. Чим масштабніша можлива подія, тим комплекснішою має бути фізична діагностика і тим повніший набір полів і принципів взаємодії випромінювань з різними властивостями і принципів, що використовуються. Безліч вимірювальних каналів, діагностичних алгоритмів, методів і пристроїв перетворення інформації, фізичних впливів і технічних засобів, що використовуються, ідентичні при діагностуванні технічного обладнання і навколишнього середовища і тому повинні бути уніфіковані і системно розроблені для вирішення загальної задачі забезпечення безпеки людини і працездатності всіх об'єктів виробничого процесу. Вони мають бути уніфіковані та системні. У той же час, стрімкий розвиток мікроелектроніки та біотехнологій призвів до чітко помітного розвитку діагностичних систем та обладнання для дослідження мікрооб'єктів. Мікротомографія, рентгенівська телевізійна мікроскопія, мікротомоскопія, мікроендоскопія та інші основні розділи ендоскопії допоможуть проводити дослідження на мікрорівні і створювати нові матеріали та об'єкти. Спектр контрольованих і діагностичних об'єктів не обмежений нижніми або верхніми межами геометричних розмірів, і це необхідно враховувати при створенні оптимізованого і економічно обґрунтованого комплексу приладів і систем неруйнівного контролю.

Технічні засоби неруйнівного контролю включають в себе апаратне, програмне забезпечення, експлуатаційну та технічну документацію. На жаль, розробці необхідної технічної документації, методик і досліджень оптимальних процедур неруйнівного контролю приділяється недостатньо уваги. Контрольно-діагностичні операції слід вважати найважливішим технічним переділом забезпечення якості з усіма витікаючими з цього висновками. Ефективність кінцевого результату, тобто довгострокова



експлуатаційна життєздатність об'єкта при мінімальних витратах, значною мірою залежить від правильного вибору неруйнівного контролю. Алгоритми обстеження повинні формуватися під впливом методів діагностики, які визначають, що і як використовувати. Саме технологія повинна мінімізувати діагностичні параметри, методи і засоби, що забезпечують достовірність виявлення аномальних подій. Можна сказати, що не існує єдиного методу контролю. У зв'язку з можливістю виникнення непередбачуваних умов експлуатації технологія діагностики повинна бути «надлишковою» в тому сенсі, що вона використовує фізично різний набір методів і методик неруйнівного контролю, які повинні доповнювати один одного для забезпечення максимальної гарантії якості продукції. Технологія повинна дозволяти розумну комбінацію контрольних-діагностичних приладів різної конструкції, від ручних до автоматичних, для використання в процесах виробництва, випробувань і експлуатації обладнання. Вона також повинна мати бібліотеку алгоритмів і діагностичних програм, розроблених для конкретних виробів, завдань і операцій виявлення несправностей. Найважливішому аспекту - прийняттю рішення про невідповідність виробу вимогам і припинення його експлуатації або виробництва - має бути приділена особлива увага, а технологія повинна бути науково обґрунтованою. Методи діагностики повинні бути попередньо протестовані, не можуть містити необґрунтованих вимог на кшталт «не допускається наявність будь-яких дефектів», повинні функціонувати тільки на випередження, повинні надійно розпізнавати ситуацію до виникнення аварійної ситуації і ніколи не повинні допускати аварійної роботи виробу.

### **Список літератури:**

1. Геворкян Е. С., Мельник О. М. Неруйнівні методи контролю якості: конспект лекцій – Харків: УкрДАЗТ, 2015.
2. Сусліков Л. М., Студеняк І. П. Неруйнівні методи контролю: навчальний посібник – Ужгород: Вид-во УжНУ, 2016. 192 с.

*Степаненко В. О., викладач кафедри безпеки об'єктів  
будівництва та охорони праці  
Черкаський інститут пожежної безпеки  
імені Героїв Чорнобиля НУЦЗ України*

## **МЕТРОЛОГІЧНА ОЦІНКА ЯКОСТІ БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗПЕКИ ТЕХНОГЕННО НЕБЕЗПЕЧНИХ ОБ'ЄКТІВ**

У сучасному світі техногенно небезпечні об'єкти відіграють важливу роль у забезпеченні економічної стабільності та розвитку. Однак, їх експлуатація пов'язана з ризиками, які можуть призвести до серйозних наслідків для людей та навколишнього середовища. Якість будівельних матеріалів є одним із ключових факторів, що впливають на безпеку таких об'єктів. Метрологічна оцінка якості матеріалів стає необхідною умовою для запобігання аваріям та катастрофам.

Метрологічна оцінка якості будівельних матеріалів включає в себе процеси вимірювання, контролю та аналізу характеристик матеріалів з метою забезпечення їх відповідності встановленим стандартам і нормам. Це передбачає не лише фізичні властивості матеріалів, але й їх хімічний склад, механічні характеристики, стійкість до впливу агресивних середовищ.

Основною метою метрологічного забезпечення в будівництві є підвищення якості зведених будинків і споруд та ефективності організації та управління будівельно-монтажними виробництвами. Зокрема відзначимо, що кількісна оцінка якості монтажу та стабільності технологічних процесів припускають наявність достовірної інформації, одержуваної внаслідок вимірювань показників якості продукції.[1]

Якість будівельних матеріалів безпосередньо впливає на міцність, довговічність та надійність конструкцій. У випадку техногенно небезпечні

об'єкти, де можуть виникати надзвичайні ситуації, використання неякісних матеріалів може призвести до руйнування споруд, що загрожує життю і здоров'ю людей. Наприклад, використання ненадійних бетонів або сталей може призвести до обвалення будівель або вибухів.

Технічні умови в будівництві встановлюють вимоги до виготовлення, контролю, прийманню й поставці будівельних матеріалів, конструкцій та виробів, а також іншої будівельної продукції конкретних типів (марок) за відсутності на неї державних і галузевих стандартів типу «Технічні умови». На групи продукції в будівництві розробляють стандарти, що регламентують для даної групи продукції загальні технічні вимоги, правила приймання, методи контролю й інші загальні вимоги [2].

В Україні існує ряд нормативно-правових актів, які регулюють вимоги до якості будівельних матеріалів. Це Державні стандарти (ДСТУ), технічні регламенти та інші документи, що визначають критерії оцінки якості. Важливою складовою є також міжнародні стандарти (ISO), які забезпечують єдність підходів до оцінки якості.

Основними методами метрологічної оцінки є:

- лабораторні випробування: визначення фізичних і хімічних властивостей матеріалів у контрольованих умовах.
- польові випробування: оцінка поведінки матеріалів в умовах експлуатації.
- неруйнівний контроль: методи, які дозволяють оцінити якість без пошкодження матеріалу (ультразвукові, рентгенографічні тощо) [3].

Серед основних недоліків можна виділити:

- відсутність єдиних стандартів: різноманітність стандартів може ускладнювати процес оцінки.
- недостатня кваліфікація спеціалістів: необхідність підвищення рівня підготовки кадрів у сфері метрології.

- технічне устаткування: застарілі методи та обладнання можуть обмежувати точність вимірювань.

Для покращення метрологічної оцінки якості будівельних матеріалів необхідно:

- актуалізувати нормативну базу: впровадження нових стандартів відповідно до міжнародних вимог.

- інвестувати в нові технології: модернізація лабораторій та впровадження новітніх методик контролю.

- проводити навчання для спеціалістів: підвищення кваліфікації фахівців у сфері метрології.

Отже, метрологічна оцінка якості будівельних матеріалів є критично важливою для забезпечення безпеки техногенно небезпечних об'єктів. Вона дозволяє вчасно виявляти недоліки у матеріалах та запобігати можливим аваріям. Успішна реалізація цієї задачі потребує комплексного підходу, що включає удосконалення нормативно-правової бази, впровадження нових технологій та підвищення кваліфікації кадрів. Тільки так можна забезпечити надійність і безпеку техногенно небезпечних об'єктів в Україні.

### **Література:**

1. Гара О. А. “Основи метрології і стандартизації в будівництві” Одеса: ПОЛІГРАФ, 2016. – 114 с

2. Седишев Є. С. “Метрологія і стандартизація” – Харків: ХНАМГ, 2008. – 69 с.

3. ДСТУ Б В.2.7-220:2009 Бетони. Визначення міцності механічними методами неруйнівного контролю.

*Холод А. В., студент групи АА-51-24*

*Кравцов М. М., доцент каф. МБЖД, к.т.н.*

*Харківський національний автомобільно-дорожній університет*

## **АВТОМОБІЛЕБУДУВАННЯ НА ТЕХНОГЕННО НЕБЕЗПЕЧНИХ ОБ'ЄКТАХ ТРАНСПОРТНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ В УМОВАХ ВОЄННОГО СТАНУ**

Воєнний стан, запроваджений в Україні, суттєво вплинув на всі галузі економіки, включаючи автомобільну промисловість та транспортне будівництво. Транспортна інфраструктура країни зазнала серйозних пошкоджень, а попит на надійні автомобілі та машини транспортного будівництва, які можуть працювати в екстремальних умовах, значно зріс.

Підприємства галузі стикаються з викликами, пов'язаними з руйнуванням виробничих потужностей, порушенням ланцюгів постачання та необхідністю швидкої адаптації до нових реалій. Водночас, ці умови відкривають нові перспективи для розвитку інноваційних технологій, підвищення обороноздатності країни та модернізації певних виробничих процесів [1-2].

Автомобільна галузь та транспортне будівництво є критично важливими секторами. Вони забезпечують військову логістику, ремонт та відновлення інфраструктури, а також підтримують мобільність населення і економіки. Проте, через війну автомобільна галузь стикається з низкою проблем: руйнування транспортної інфраструктури, зниження ефективності ланцюгів постачання, нестача техніки для військових і цивільних потреб, погіршення умов праці та нестача кваліфікованого персоналу, фінансові труднощі та зменшення інвестицій.

Масовані обстріли спричинили серйозні руйнування доріг, мостів, залізничних шляхів та об'єктів транспортної інфраструктури. Ці руйнування

не лише ускладнюють переміщення цивільного населення та товарів, але й перешкоджають оперативному пересуванню військової техніки та евакуації поранених. Відновлення інфраструктури стає критично важливим завданням, однак через постійні загрози нових обстрілів цей процес часто ускладнений або відкладений.

В умовах воєнного стану через порушення міжнародних та внутрішніх ланцюгів постачання значно ускладняється імпорт і доставка запчастин, комплектуючих матеріалів для автомобільної промисловості та машин транспортного будівництва. Нестача критичних ресурсів, таких як метал, паливо та електроніка, ускладнює виробництво нових машин, а також ремонт і обслуговування вже наявних [3-4].

Воєнні дії значно збільшують потребу в спеціалізованій техніці, такій як броньовані автомобілі, машини для евакуації та транспортування поранених, а також техніка для ремонту інфраструктури в екстремальних умовах. Однак через руйнування підприємств, нестачу матеріалів та проблеми з логістикою задоволення цих потреб відбувається повільно і не завжди ефективно.

Чимало підприємств втратили значну частину свого персоналу через мобілізацію або переміщення працівників у безпечні регіони. Це призводить до дефіциту кваліфікованих фахівців на виробництві, що, своєю чергу, уповільнює процеси виробництва та ремонту техніки. Окрім того, підвищені ризики безпеки, особливо в зонах, наближених до лінії фронту, значно ускладнюють функціонування підприємств [5].

Воєнний стан та економічна криза, спричинена війною, призвели до зниження рівня інвестицій у автомобільну промисловість. Багато проектів, які раніше передбачали оновлення транспортної інфраструктури або розвиток нових технологій, були заморожені або перенесені на невизначений термін. Крім того, бюджетні витрати держави значною мірою спрямовуються на забезпечення оборонних потреб, що зменшує фінансування інших важливих сфер, включаючи транспортну інфраструктуру.

Воєнний стан в Україні створює безпрецедентні виклики для автомобільної промисловості та транспортного будівництва. Зруйнована інфраструктура, нестача ресурсів, проблеми з постачанням і необхідність швидкої модернізації виробництва є ключовими проблемами, які потребують невідкладних рішень [6-7].

Для вирішення цих проблем та подолання викликів, необхідно детально проаналізувати поточний стан галузі та розглянути ефективні стратегії розвитку. Дослідження показують, що існують конкретні напрямки, які можуть сприяти відновленню та модернізації транспортної системи і виробничих процесів.

В умовах війни підприємства активно розробляють нові стратегії для адаптації техніки до екстремальних умов. Це включає розробку броньованих автомобілів, спеціальних військових транспортних засобів та машин для швидкого ремонту інфраструктури. Одним із ключових напрямків є розробка техніки з підвищеною мобільністю, здатної працювати в умовах руйнувань, бездоріжжя та агресивного середовища [8].

Через обмежений доступ до закордонних постачальників, Україна почала інвестувати в розвиток внутрішнього виробництва автомобілів та будівельної техніки. Це сприяє зростанню місцевих підприємств, стимулює створення робочих місць та знижує залежність від імпорту.

Індустрія впроваджує цифрові технології, що допомагають автоматизувати процеси виробництва та ремонту. Використання дронів для моніторингу руйнувань інфраструктури, систем штучного інтелекту для планування ремонтних робіт та безпілотних транспортних засобів для постачання ресурсів стає все більш поширеним.

Важливим фактором для відновлення галузі є державні програми підтримки, які спрямовані на відновлення зруйнованих підприємств та інфраструктури. Міжнародні партнери надають технічну та фінансову

допомогу, що дозволяє Україні швидше відновлювати транспортні шляхи та виробничі потужності.

Під час воєнного стану автомобільна галузь і транспортне будівництво активно інтегруються в оборонну промисловість. Це передбачає збільшення виробництва військової техніки та спеціалізованих транспортних засобів для потреб армії. Підприємства розробляють спеціальні проекти, які дозволяють швидко мобілізувати техніку для військових цілей, що підвищує обороноздатність країни [9].

Хоча війна створила багато проблем для автомобільної галузі та транспортного будівництва, вона також відкрила нові можливості. Підприємства змушені швидко пристосовуватися, використовуючи нові технології та збільшуючи місцеве виробництво.

Допомога від інших країн та підтримка держави дуже важливі для відбудови та розвитку галузі. У майбутньому ці зміни можуть зробити Україну більш сильнішою економічно та більш незалежною у військовому плані [10].

### **Список літератури:**

1. Закон України «Про автомобільний транспорт» (Відомості Верховної Ради України (ВВР), 2001, № 22, ст.105). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2344-14#Text>.

2. Указ Президента України «Про Цілі сталого розвитку України на період до 2030 року» № 722/2019 від 30.09.2019 р. URL : <https://www.president.gov.ua/documents/7222019-29825>.

3. Бондар, О. О. (2022). Економічні наслідки воєнного стану для транспортної інфраструктури України. Київ: Наукова думка.

4. Міністерство інфраструктури України. (2023). Стратегія відновлення та розвитку транспортної інфраструктури України.

5. Дьяків, І. В. (2023). Аналіз стану автомобільного транспорту в умовах кризових ситуацій. Журнал транспорту і логістики. 15(3), 45-59.



6. Бондар Н. М. Розвиток транспортної інфраструктури України на засадах державно-приватного партнерства : монографія. Київ : НТУ, 2014. 336 с.

7. Гудима Р. Р. Проблемні аспекти розвитку транспортної інфраструктури України. Проблеми і перспективи розвитку національної економіки в умовах євроінтеграції та світової фінансово-економічної кризи. Чернівці / МФУ, БДФА та ін., гол. ред. В. В. Прядко. Чернівці, 2009. С. 238-239.

8. Інформація Державного комітету статистики України.  
<http://www.ukrstat.gov.ua>.

9. Національна транспортна стратегія України на період до 2030 року. Схвалено розпорядженням Кабінету Міністрів України від 30 травня 2018 р. № 430- р. URL.: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/430-2018-%D1%80#n13>.

10. Рибчук А. В. Транспортні системи світу – важливий елемент глобальної виробничої інфраструктури. Актуальні проблеми економіки. 2004. № 7. С. 99-105.

*Шабалін Т. Д., магістр ХНАДУ*

*Медведовська Я. С., к.т.н., доцент*

*Харківський національний автомобільно-дорожній університет*

## **СТАНОВЛЕННЯ ЄДИНОЇ СИСТЕМИ МЕНЕДЖМЕНТУ ПРОФЕСІЙНОГО ЗДОРОВ'Я ТА БЕЗПЕКИ ПРАЦІВНИКІВ ПІДПРИЄМСТВ В УКРАЇНІ**

Відповідно до статистичних даних Міжнародної організації праці, щорічно фіксується у світі понад 300 млн нещасних випадків на виробництві та понад 100 млн випадків професійних захворювань. Також невтішною є статистика летальних випадків на підприємстві – близько 2,3 млн людей.

Така невтішна статистика також є причиною збитків підприємства. Насамперед, це компенсація постраждалим та виплати значних штрафів за порушення техніки безпеки та за незадовільну організацію робочих місць. Не треба забувати і про репутацію виробництва: такі негативні показники стають причиною іміджевих проблем та проблем з боку контролюючих органів [1]. Також це ускладнює вихід на міжнародний ринок, пошук та залучення інвесторів, втрачається авторитет та конкурентоспроможність підприємства.

Нажаль своєчасне прийняття європейського напрямку розвитку незалежної України не вплинуло на швидку реалізацію цього питання не тільки у законодавстві держави, а і у швидкій усвідомленості важливості вирішення цього питання керівниками підприємств.

Європейський Союз (ЄС) від початку свого існування робив завжди акцент на питаннях гігієни та охорони праці на підприємствах. Саме ці питання є пріоритетними для діючих та виконавчих органів влади у ЄС.

Таким чином у 1999 році з'являється система управління професійною безпекою та здоров'ям OHSAS 18001. Саме ця система була спрямована на мінімізацію ризиків нещасних та летальних випадків на підприємстві, на створення необхідних задовільних умов, що пов'язані з безпекою праці робітників.

У свою чергу, цей документ не був стандартом, але був сумісним з відомими та важливими міжнародними стандартами ISO 9001 від 1994 року та ISO 14001.

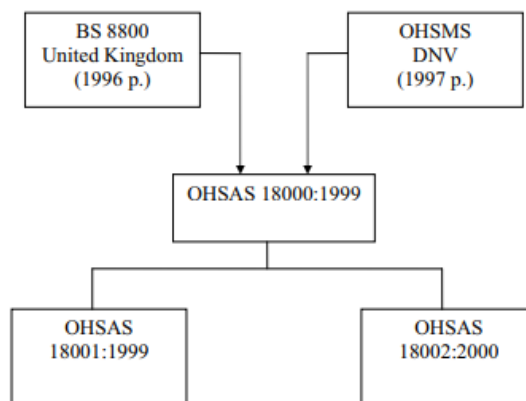


Рисунок 1 – Структура та першоджерела документу OHSAS 18001:1999

В Україні OHSAS 18001 на підприємствах використовувався як гармонізований стандарт ДСТУ-П OHSAS 18001:2006 «Системи управління безпекою та гігієною праці. Вимоги». Наступна редакція OHSAS 18001:2007 прийнята в Україні як ДСТУ OHSAS 18001:2010 «Системи управління гігієною та безпекою праці. Вимоги».

Значна відмінність між OHSAS 18001:1999 та OHSAS 18001:2007 полягає у тому, що OHSAS 18001:2007 є саме стандартом, а не специфікацією або документом.

Якщо говорити про те, який мав вплив OHSAS 18001 у світі, то відповідно до доступних даних, у 2005 році специфікацією OHSAS 18001 користувалися у 16 тис. організаціях, а у 2009 році видали 54 тис. сертифікатів. Щодо проблем, пов'язаних із застосуванням OHSAS 18001, варто відзначити наявність різних інтерпретацій вимог стандарту різними незалежними органами зі сертифікації.

Особисто для України, великою проблемою була незацікавленість підприємств у впровадженні цих стандартів, необізнаністю керівництва. Українські керівники підприємств вважали, що вкладання коштів та ресурсів у переобладнання робочих місць це не вигідно, оскільки це призводить до зменшення прибутку [4].

Таким чином у існуючих системах менеджменту підприємств України того часу було майже відсутнє прогнозування або запобігання нещасним випадкам, а в основному – лише реагування на вже ті випадки, що трапились.

Також був ще один негативний чинник: наявність у законодавстві України великої низки нормативних актів, які залишились з радянського періоду і не відповідали сучасним вимогам ЄС і не спонукали керівництво до змін [5].

Лише постанова Кабінетів Міністрів України від 09.12.2014 №695 про відміну усіх ГОСТ, що розроблені до 1992 року спонукала керівників до впровадження нових нормативних документів у своє виробництво. Таке кардинальне рішення сприяло тому, що з 01.01.2019 року більше ніж 90 % стандартів ГОСТ втратили свою чинність на території України, а на заміну їм прийшли нові, які відповідали сучасним вимогам якості ЄС.

Розробка стандарту ISO 45001 не стала сюрпризом для науковців, бо у тексті OHSAS уже давно було «обмовка», що цей стандарт є тимчасовим і з часом він буде анульований або стане базою для іншого міжнародного стандарту.

Таким чином ISO 45001:2018 – це перший глобальний стандарт системи менеджменту охорони здоров'я та техніки безпеки. Стандарт містить технічні вимоги стандарту OHSAS, що вже широко застосовується у світі в рамках структури стандартів ISO 9001 та 14001, полегшуючи користувачам його інтеграцію у загальне управління підприємством.

Стандарт ISO 45001:2018 охоплює значно більше факторів, ніж попередній. Це і безпека підприємств взагалі, і перспективи професійної діяльності в мінливих сучасних умовах. Тобто новий стандарт розглядає охорону праці як більш важливу складову всебічного розвитку усієї компанії. На повний перехід до стандарту ISO 45001:2018 Міжнародна організація зі стандартизації відвела три роки. Хоча стандарт є добровільним, наявність сертифікату відповідності ISO 45001:2018 може бути обов'язковою,

наприклад, у деяких тендерах. Але, тим не менш, за даними Міжнародної організації за 2018 рік було видано понад 11 тис. сертифікатів відповідності стандарту ISO 45001:2018.

Впровадження ISO 45001:2019 в українські підприємства дає безліч безмежних переваг у своїй галузі, незалежно від його розмірів та сфери діяльності.

Статистика говорить про більший ентузіазм до впровадження цього стандарту у свою діяльність керівників. Але ще існує безліч проблем та невирішених питань.

### **Література:**

1. Нагурський О. А., Васійчук В. О., Корж Г. І., Витрикуш Н. М. Особливості впровадження ДСТУ ISO 45001:2018 «Системи управління охороною здоров'я та безпекою праці. Вимоги та настанови щодо застосування». *International scientific journal «Grail of Science»*. (June, 2022). № 16. Pp. 116-121.

2. Послання Президента України до Верховної Ради України «Україна: поступ у XXI столітті. Стратегія економічної та соціальної політики на 2000-2004 рр. [https://ips.ligazakon.net/document/U276A\\_00](https://ips.ligazakon.net/document/U276A_00)

3. Вареник С. О. Період зародження охорони праці на території України. *Теоретичні питання юриспруденції і проблеми правозастосування: виклик XXI століття*. Харків: Науково-дослідний інститут публічної політики і соціальних наук. 2019. С. 45-48.

4. Григор'єва О. В., Лавріненко І. О. Впровадження європейських стандартів охорони праці в діяльність українських підприємств. *Ефективна економіка*. № 6. 2016. С. 234-241.

5. Момот О. І., Мартинюк О. С. Недоліки і помилки функціонування систем менеджменту на підприємствах. *Theoretical and Practical Aspects of Economics and Intellectual Property*. 2013. Issue 1. Volume 2. Pp. 24-28.

## **Секція 4**

### **Ліквідація наслідків аварій на техногенно небезпечних об'єктах**

*Андрющенко В. Т., здобувач вищої освіти  
науковий керівник: Роянов О. М., к.т.н., доцент,  
доцент кафедри метрології та безпеки життєдіяльності  
Харківський національний автомобільно-дорожній університет*

## **ПІДВИЩЕННЯ БЕЗПЕКИ ПРАЦІ СИСТЕМ КРИТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ ШЛЯХОМ АВТОМАТИЗАЦІЇ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ**

Згідно зі статистичними даними [1] у 2023 році відбулось збільшення на 45,5 % кількості надзвичайних ситуацій техногенного характеру. Основною причиною їх виникнення були несправність виробничого обладнання, що становить щорічно в середньому близько 1,5-2 %.

Природна зношеність обладнання та його технічний стан призводять до наслідків, внаслідок яких завдається шкоди виробництву та передусім людям. Технологічні підходи до управління технологічними процесами на виробництвах потребують більш сучасного та оновленого підходу, який ґрунтується на використанні сучасного обладнання та програмного забезпечення, а також потужного впровадження систем автоматизації виробництва – автоматизованих систем управління технологічним процесом (АСУ ТП) та резервування живлення для критичних структур.

Так, наприклад, в котельні теплосилового цеху Маріупольського металургійного комбінату імені Ілліча стався витік доменного газу при аварійному відключенні електроживлення [2]. Вибуху та пожежі не сталося, проте від отруєння доменним газом загинули 3 особи та 8 осіб було госпіталізовано. Першопричиною виникнення аварійної ситуації стало неспрацьовування частини системи забезпечення безпеки. Система забезпечення пожежної безпеки загалом спрацювала, забезпечивши відключення джерел запалювання, і вибуху не сталося. Однак система

безпеки не забезпечила аварійне відключення подачі пального (доменного) газу під час раптового відключення електроживлення. Внаслідок цього вентиляційна система зупинилася, доменний газ потрапив до котельні, постраждали люди.

На жаль, такі випадки не поодинокі і трапляються нині. У зв'язку з цим виникає гостра необхідність у вдосконаленні автоматизації технологічного процесу в системі забезпечення пожежної безпеки та безпеки праці на об'єктах критичної інфраструктури.

Відповідно до вимог [3] всі об'єкти, пожежі на яких можуть призвести до масової загибелі людей, що знаходяться на цих об'єктах, і навколишньої території, а також загрозливими небезпечними факторами пожежі та отруєннями небезпечними для здоров'я працівників речовинами [4, 5], повинні мати системи, які забезпечували б мінімально можливу ймовірність виникнення таких ситуацій.

З метою зменшення ймовірності виникнення пожежі, недопущення надзвичайних ситуацій та збереження життя працівників підприємств застосовується автоматизація технологічного процесу у системі забезпечення пожежної безпеки та безпечних середовищ для працівників, а саме – автоматизовані системи управління системами забезпечення пожежної безпеки технологічних процесів (АСУ СЗПБ ТП) [4-6].

Функції АСУ СЗПБ ТП:

- Інформаційні;
- Керуючі;
- Допоміжні.

На основі даних системи, що реалізує інформаційні функції (збір та первинна обробка аналогових та дискретних сигналів, відображення інформації оператору-технологу, відображення оперативних (формування у трей) та історичних трендів (архівація) сигналів окремих процесів та технологічного процесу взагалі, технологічна сигналізація, реєстрація подій



та відхилень, реєстрація аварійних ситуацій, наповнення інформації в базі даних, архівація даних, генерація звітів та технологічних відомостей, аналіз дії захистів та блокувань) виконує свої функції керуюча система.

З метою зменшення ймовірності розгерметизації комунікацій з горючою речовиною, визначимо напрямки удосконалення АСУ СЗПБ ТП теплоелектроцентралі, що працює на газоподібному паливі.

Керуючі функції АСУ СЗПБ ТП, а саме, дистанційне керування електроприводами арматури та обладнанням, автоматичне регулювання, автоматичне логічне управління та технологічне блокування, виконання технологічних захистів обладнання є основними факторами, які потребують розвитку при розробці, вдосконаленні та впровадженні АСУ СЗПБ ТП.

Передбачені на даний час відсічні пристрої, технічні засоби та схемні рішення щодо їх управління, як показала практика, не гарантують надійної роботи АСУ СЗПБ ТП. З метою підвищення надійності роботи АСУ СЗПБ ТП агрегатів, що використовують як доменне паливо, коксовий та інші горючі гази, пропонується використовувати наступні технічні рішення.

Для підвищення швидкості дії відсічних клапанів пропонується використовувати нормально закриті герметичні дискові затвори (клас герметичності А – відсутність перепусток) у комплекті з моностабільними пневмоприводами, що забезпечують швидкість закриття менше 1 секунди [7] (наприклад, типу VSZA – Butterfly valve (DP Festo)).

Для автономного забезпечення системи безпеки стисненим повітрям пропонується використовувати окремий компресор невеликої продуктивності з ресивером на групу агрегатів. Для гарантованого перекриття палива електрифікованою засувкою при зникненні напруги пропонується використовувати систему незалежного електроживлення за схемою «випрямляч (В) – акумуляторна батарея (АКБ) – інвертор (І)», яка забезпечує роботу електрифікованої арматури від акумуляторної батареї при зникненні напруги.

Таким чином, на прикладі розглянуто рішення щодо удосконалення автоматизації технологічного процесу в системі забезпечення пожежної безпеки та безпеки праці теплоелектроцентралі, що працює на газоподібному паливі. Запропоновані рішення дозволять знизити ймовірність виникнення пального середовища та середовища, небезпечного для організму людини.

### **Література:**

1. Інформаційно-аналітична довідка [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://dsns.gov.ua/upload/2/0/2/2/3/1/4/2023-rik.pdf> .

2. Маріупольський металургійний комбінат імені Ілліча [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://ilyichsteel.metinvestholding.com/ua>.

3. ДСТУ 8828:2019. Пожежна безпека. Загальні положення. Чинний від 2020-01-01. - Вид. офіц. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2020. 87 с.

4. Про затвердження Державних санітарних норм та правил «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу»: Наказ МОЗ України від 08.04.2014 р. № 248. Офіційний вісник України. 2014 № 41, С. 94.

5. Деякі питання ідентифікації об'єктів підвищеної небезпеки. Постанова Каб. Міністрів України від 13.09.2022 р. № 1030. Офіційний вісник України. 2022. № 75, С. 69.

6. Кравченко В. П. Автоматизація технологічних процесів і виробництв у чорній металургії : навчальний посібник / В. П. Кравченко, О. О. Койфман, О. І. Сімкін. – Одеса : Олді+, 2023. – 276 с.

7. Автоматизація безперервних технологічних процесів: каталог [Електронний ресурс] – Режим доступу: [http://festo.kiev.ua/files/VZAB\\_RU.pdf](http://festo.kiev.ua/files/VZAB_RU.pdf).

*Аршинніков Б. В., студент, бакалавр, гр. АА-51-24*

*Кравцов М. М., доц. каф. МБЖД, к.т.н.*

*Харківський національний автомобільно-дорожній університет*

## **ЛІКВІДАЦІЯ ПОЖЕЖ ГАЗОВИХ І НАФТОВИХ ФОНТАНІВ**

Ліквідація пожеж газових і нафтових фонтанів при аваріях на об'єктах нафтогазового промислового комплексу була і залишається особливо складним процесом, що передбачає тривалу і трудомістку роботу. Гасіння такого роду пожеж потребує знань технологій буріння та експлуатації свердловин.

Пожежі фонтанів розрізняють за складом фонтануючої рідини, виду струменя фонтану, кількості фонтануючих свердловин та потужністю. За складом фонтани бувають: нафтові (містять 50 % нафти чи конденсату); газонафтові (10-50 % нафти чи конденсату); газові (більше 90 % газу). Під час таких пожеж нафта чи конденсат не встигають згоріти і розтікаються навколо свердловини, що спричиняє додаткові значні зони горіння і, відповідно, загалом посилення розгортання.

За типом струменя фонтани бувають компактні (вертикальні чи горизонтальні), розпилені та комбіновані. Компактні виникають тоді коли бурове і гирлове обладнання не заважає вільному виходу нафти чи газу. Розпилений фонтан утворюється у випадку витоку газу чи нафти по причині нещільності фонтанної арматури та противикидних засобів, а також із гирла завалених буровим оснащенням свердловин. Комбінований фонтан містить у собі компактні та розпилені струмені. Часто розпилений та комбінований фонтани примусово перетворюють у компактний задля кращої зручності в процесі гасіння. Це робиться розбиранням бурового обладнання від гирла та зняття пошкодженої арматури і противикидних засобів [1].

Метод гасіння обирається залежно від такого параметру як потужність чи дебіт фонтануючої свердловини.

Обставини, що виникають в умовах горіння газових і нафтових фонтанів можуть включати:

- сильне теплове випромінювання;
- завалення свердловин конструкціями чи обладнанням, що зруйнувались;
- можливі повторні загорання від нагрітих металевих об'єктів чи іншого обладнання після гасіння;
- дуже тривале гасіння пожежі;
- сильна загазованість місцевості.

Оперативні дії піддаються впливу певних факторів, небезпечних для особового складу. Основні з них це теплофізичні фактори та інтенсивність шуму. Відповідно, в процесі роботи на гирлі свердловини вживають обов'язкові заходи для захисту робочої групи і техніки від теплового випромінювання, а також захисту органів слуху людини.

Аварії на нафтових і газоконденсатних родовищах України є особливо складними аваріями, які вимагають залучення значної кількості сил та засобів для їх ліквідації.

Одне з найголовніших завдань під час організації гасіння пожежі є створення запасів води, що зможуть забезпечити повноцінну роботу пожежно-рятувальних підрозділів.

Процес гасіння пожежі зазвичай містить у собі три етапи:

1) підготовка, охолодження гирлового обладнання, металоконструкцій та території навколо, зрошення фонтану задля скорочення сили тепловипромінювання, гасіння місць палання нафти і конденсату навколо гирла свердловини. Тривалість – 1 година.

2) гасіння фонтану, не припиняючи процеси першого етапу. В цей момент у зону пожежі спрямовуються основні сили та засоби гасіння

(лафетні стволи, що введені до дії на 1 етапі, продовжують свою роботу до кінця гасіння). Безпосереднє гасіння триває до повної ліквідації горіння у струмені фонтану і на території, що його оточує. Тривалість етапу залежить від обраного способу гасіння.

3) охолодження гирла свердловини та зрошення фонтану після гасіння. Тривалість – 1 год.

Процеси гасіння тривають допоки повністю не зникнуть будь-які ознаки горіння у струмені фонтану та на прилеглий території.

До основних способів гасіння пожеж такого роду відносяться:

- закачування води до свердловини або закриття засувки запобіжника і противикидних засобів;
- використання водяних струменів лафетних стволів;
- газоводяними струменями;
- подачею порошку спеціальними установками;
- вихоропорошковий;
- вогнегасним порошком;
- використання спеціальної вибухівки;
- комбінованим способом.

Гасіння закачуванням води: подача води у свердловину через гирло є дієвим способом гасіння фонтанів; застосовується у випадку, якщо на свердловині залишилось гирлове обладнання (є можливість підключити водяні насосні установки).

Гасіння водяними струменями: водяні струмені використовують для гасіння газових та нафтових фонтанів компактного типу; струмені подають з лафетних стволів з насадками 25-28 мм.

Гасіння газоводяними струменями: газоводяні струмені застосовують при пожежах з фонтанами усіх типів; є сумішшю вихлопних газів турбореактивного двигуна та розпиленої води, виробляються машинами газоводяного гасіння [2].

Гасіння пневматичним порошковим полум'я з допомогою подавлювача: викид порошку з подавлювача відбувається за рахунок енергії стисненого повітря; під час вибуху мембрани (між порошковою та пневматичною камерами) у зоні горіння фонтану на 1-2 с утворюється вогнегасна концентрація порошку.

Вихор порошковий спосіб: застосовують для гасіння пожеж поодиноких компактних газових та газонафтових фонтанів різного ступеня потужності; даний спосіб передбачає дію на факел повітряного вихрового кільця, заповненого вогнегасним порошком, що рухається вздовж осі фонтана.

Гасіння вибухом заряду: може бути запасним способом для гасіння всіх видів фонтанів; заряд складається із суміші вибухової речовини та інгібіруючої домішки.

Таким чином, гасіння пожеж газових і нафтових фонтанів при аваріях на об'єктах нафтогазового промислового комплексу є особливо складним процесом, що потребує високого рівня підготовки та психологічної стійкості, якими має володіти особовий склад пожежнорятувальних підрозділів.

#### **Використана література:**

1. Неклонський І. М., Коломієць В. С., Тарадуда Д. В. Ліквідація наслідків надзвичайних ситуацій та гасіння пожеж: конспект лекцій, частина І. Харків, 2024. 229 с.

2. Пожежна тактика. Практикум. Друге видання. – Кам'янець-Подільський: ПП «Медобори-2006», 2013. – 414 с. Пархоменко Р. В., Болібрух Б. В., Чалий Д. О.

*Кириєнко Я. М., студент гр. МС-16т1-24*

*Кравцов М. М., доцент кафедри МБЖД, к.т.н.*

*Харківський національний автомобільно-дорожній університет*

## **СУЧАСНІ ПІДХОДИ ДО ЛІКВІДАЦІЇ НАСЛІДКІВ АВАРІЙ НА ТЕХНОГЕННО НЕБЕЗПЕЧНИХ ОБ'ЄКТАХ**

В умовах зростаючої урбанізації та інтенсивного промислового розвитку України проблема ліквідації наслідків аварій на техногенно небезпечних об'єктах набуває стратегічної важливості. Одним з ключових аспектів є відновлення і модернізація дорожньої інфраструктури, що потребує застосування передових матеріалів і технологій, здатних не тільки прискорити ремонтні процеси, але й мінімізувати екологічний та економічний збиток. Цей доклад зосереджено на інноваційних рішеннях, таких як застосування вторинних матеріалів та нанотехнологій, які продемонстрували свою ефективність в умовах аварійних та посткризових ситуацій, та підкреслює їх актуальність для України.

Для України Застосування вторинних матеріалів в дорожній інфраструктурі, особливо в умовах сучасних економічних викликів, важливо ефективно використовувати наявні ресурси. Одним із рішень є інтеграція вторинних матеріалів, таких як перероблений бетон, асфальт, гума і скло. Переваги використання вторинних матеріалів включають:

- скорочення витрат на природні ресурси завдяки заміні піску, гравію та інших традиційних компонентів;
- зменшення обсягів відходів за рахунок переробки промислових і побутових відходів;
- зниження викидів CO завдяки зменшенню видобутку та транспортування природних матеріалів.

Прикладами успішного застосування в Україні є Програма "Велике будівництво" яке сприяє широкому використанню перероблених матеріалів для будівництва та ремонту доріг. У деяких регіонах, таких як Полтавська і Львівська області, вже застосовуються перероблені будівельні матеріали, а на певних об'єктах дороги містять компоненти з промислового шлаку. Ці рішення дозволяють скоротити залежність від імпорту і підтримувати стійкість дорожньої інфраструктури.

Роль нанотехнологій у підвищенні якості та довговічності дорожнього покриття є використання наноматеріалів, що дозволяє поліпшити експлуатаційні характеристики дорожнього покриття, такі як стійкість до зношування температурних коливань і зовнішніх впливів. Основні їх напрямки включають:

- додавання наночастинок в асфальтобетон, що підвищує адгезію та стійкість матеріалу до фізичних і хімічних впливів;
- застосування самовідновлюваних матеріалів, які можуть "затягувати" тріщини під дією сонячного тепла або тиску транспортних засобів, що знижує необхідність частих ремонтів.

Пілотними проєктами та дослідженнями в Україні у рамках проєктів на трасах є Київ-Чоп та Київ-Одеса які були проведені по випробуванню асфальтобетонних сумішей з нанодобавками, та показали значне збільшення терміну служби покриття. Також у науково-дослідних центрах Києва та Харкова ведуться роботи над впровадженням нанотехнологій для подальшого підвищення якості доріг.

Енергоефективні рішення для скорочення екологічного сліду та енергозбереження відіграє важливу роль у дорожній галузі України, оскільки воно дозволяє не тільки зменшити витрати, але й знизити негативний вплив на навколишнє середовище.

Новітні технології, такі як дорожні покриття з вбудованими сонячними панелями або теплоізолюючі матеріали, активно досліджуються та



тестуються в Україні. Використання таких рішень особливо актуальне для освітлення доріг, зарядки електромобілів і забезпечення більш тривалого терміну служби покриття.

Таким чином, впровадження інноваційних матеріалів і технологій в українську дорожню інфраструктуру є ключовим кроком на шляху до сталого розвитку. Застосування вторинних матеріалів і нанотехнологій може значно підвищити енергоефективність, зменшити витрати та мінімізувати вплив на екологію. Ці методи, особливо актуальні в умовах ліквідації наслідків техногенних аварій, дозволять Україні не тільки підвищити стійкість інфраструктури, але й наблизитися до європейських стандартів якості та екологічної безпеки.

#### **Список використаної літератури:**

1. [Офіційний сайт "Укравтодор"](#) – звіти та плани щодо модернізації дорожньої інфраструктури, включаючи використання сучасних матеріалів і технологій, таких як перероблені матеріали і нанотехнології.
2. [Міністерство інфраструктури України](#) – інформація про програми, такі як "Велике будівництво", що передбачають застосування вторинних матеріалів та інноваційних технологій у дорожньому будівництві.
3. [Kyiv Post](#) – статті про реформування дорожньої галузі в Україні, впровадження європейських стандартів і ініціативи щодо енергоефективності та ресурсозбереження.
4. [Ukrinform](#) – висвітлення проекту "Велике будівництво" з акцентом на використання ресурсоефективних матеріалів і сучасних підходів в інфраструктурі.
5. [Wikipedia](#) – базова інформація про роль "Укравтодор" та впровадження інноваційних матеріалів у транспортну інфраструктуру України у відповідності до стандартів ЄС.

*Кравченко О. С., студ. гр. АА-51-24*

*Кравцов М. М., доц. каф. МБЖД, к.т.н.*

*Харківський національний автомобільно-дорожній університет*

## **СТРАТЕГІЯ СТАЛОГО РОЗВИТКУ В УКРАЇНІ ПРИ ЛІКВІДАЦІЇ НАСЛІДКІВ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ**

Сталий розвиток – це загальна концепція, яка стосується необхідності встановлення належного балансу між задоволенням потреб людини та захистом майбутніх поколінь, а також життєвої важливості інтересів, таких як життєві потреби, безпечне здоров'я та умови навколишнього середовища. Тому такий сталий розвиток слід рахувати як стратегію, яка включає подальший розвиток сучасного людства, його цивілізацію і суспільство країн, у яких вони живуть. 12 жовтня 2018 року в Україні набув чинності “Закон про стратегічну екологічну оцінку”, тобто оцінку впливу шкідливих явищ на довкілля. Відповідно до цього Закону, екологічна оцінка (ЕО) – розуміється як процес, котрий визначає і підтримує шляхи та відновлення здорового способу життя людини і реалізації існуючого національного законодавства та програм [1].

Стратегії сталого розвитку визначаються як найбільш ефективні сучасні цивілізації, спрямовані на задоволення природних потреб людини в гармонії з природою. Стратегія сталого розвитку передбачає стале економічне зростання суспільства без шкоди для довкілля та в узгодженні з соціальним розвитком суспільства. Стратегія сталого розвитку України спрямована на інтеграцію екологічної та кліматичної політики у секторі “Стратегія сталого розвитку України”, вона враховує екологічну та кліматичну політику, умови і обмеження в усіх стратегічних та планових документах.

Основні складові стратегії сталого розвитку це:

- економічний розвиток ( економічна складова);

- охорона та збереження довкілля (екологічна складова);
- соціальний розвиток (соціальна складова).

Очевидно, такий підхід до суспільного розвитку є дещо спрощеним, але він є вагомим альтернативним ідеї економічного зростання та добробуту за будь-яку ціну, через виснаження природних ресурсів, забруднення довкілля та соціальні конфлікти в суспільстві. Стратегія «зеленої» економіки України має базуватися на принципах низьковуглецевості, енергоефективності, природоорієнтованості, ефективного та чистого виробництва, збалансованого споживання, а також відповідальності, інноваційності, співпраці, солідарності, гнучкості та взаємозалежності. Щоб бути сталим і «зеленим», економічний розвиток повинен керуватися цілями щодо зміни клімату, а також політикою екологічного та соціального захисту. Він також повинен спрямовуватися і підтримуватися професійним і незалежним регуляторним органом, покликаним захищати правову базу людини, що включає екологічні та соціальні елементи[2].

Згідно з визначенням Міжнародної комісії з навколишнього середовища та розвитку, «сталий розвиток – це розвиток суспільств, який задовольняє потреби людства, не ставлячи під загрозу права майбутніх поколінь». Концепція сталого розвитку базується на наступних принципах:

- людство має розвиток у сталому довгостроковому способі;
- межі освоєння природних ресурсів;
- людські потреби можуть бути задоволені у сталий спосіб;
- умови гармонізування життя народів планети;
- зростання населення з виробництвом і глобальним екологічним потенціалом.

Сталий розвиток має важливі напрямки для розвитку життєдіяльності та безпеки людей. Мета сталого розвитку вже існує тисячі років [3].

З метою адаптації глобальних цілей сталого розвитку на постійній основі проводяться національні консультації, симпозиуми, конференції за

участю представників органів державної влади, агентств ООН в Україні, Національної академії наук України, широкої громадськості та експертного середовища [4].

Результати консультацій є основою для підготовки національної доповіді. Процес зміни спрямованості цінностей, мрій і прагнень багатьох людей, свободи, рівності, солідарності, толерантності, поваги до природи та спільної відповідальності являються основою для сталого розвитку сучасного суспільства. Стратегія сталого розвитку України до 2030 року фокусується на векторах, визначених у Стратегії сталого розвитку «Україна-2020» [5-6].

### **Використана література:**

1. Указ Президента України «Про Цілі сталого розвитку України на період до 2030 року». [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/722/2019#Text>.

2. Закон України «Про стратегічну екологічну оцінку». [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2354-19#Text>.

3. Добровольський В. В. Антропоцентрична модель оцінки сталого розвитку // Наукові праці : наук.-метод. журн. – Вип. 194. Т. 206. Екологія. – Миколаїв : Вид-во ЧДУ ім. Петра Могили, 2012. – С. 75-78.

4. Добровольський В. В. Сталий розвиток України: деякі питання наукового забезпечення // Наукові праці : наук.-метод. журн. – Вип. 194. Т. 206. Екологія. – Миколаїв : Вид-во ЧДУ ім. Петра Могили, 2012. – С. 6-10.

5. Добровольський В. В., Хохлова Н. М. Методологічні аспекти обґрунтування індексів та індикаторів сталого розвитку регіону // Міжнародна наук.-практ. конф. «Ольвійський форум – 2010: Стратегії України в геополітичному просторі. Тези. Т. 9. 11-15 червня 2010. Ялта, АР Крим, Україна. – Миколаїв : ЧДУ ім. Петра Могили, 2008. – С. 3-5.

6. Дорогунцов С. І., Ральчук О. М. Сталий розвиток – цивілізаційний діалог природи і культури // Вісник національної академії наук України. – Вип. 10. – 2001. – С. 16-32.

*Нечитайло Ю. А., доцент кафедри АКІТ, к.т.н., доц.*

*Лєвтерєв М. О., здобувач РВО «молодший бакалавр»*

*Харківський фаховий коледж будівництва, архітектури та дизайну*

## **СИСТЕМИ ПОШУКУ ПОШКОДЖЕНЬ У РОЗПОДІЛЕНИХ ЕЛЕКТРОМЕРЕЖАХ**

Об'єднана енергетична система України була створена як централізована, з великими електростанціями на вузлових пунктах та системою передачі електричної енергії з лініями високих класів напруг. В умовах воєнного стану, в якому перебуває Україна третій рік поспіль, значно зріс ризик пошкодження великої кількості високовольтних трансформаторних підстанцій або інших об'єктів генерації. Внаслідок таких пошкоджень у системі передачі може статися системна аварія, яка призведе до тривалого знеструмлення значної кількості споживачів. З огляду на масштаби пошкоджень існуючих генеруючих потужностей та необхідність розосередження генерації для підвищення стійкості енергосистеми постала нагальна потреба в розвитку нової розподіленої генерації. Це передбачає вжиття скоординованих організаційних, регуляторних, правових та економічних заходів. У свою чергу, розподілені електромережі схильні до різних надзвичайних ситуацій, які можуть призвести до пошкоджень та відключень.

Ушкодження в розподілених електромережах виникають унаслідок різних надзвичайних ситуацій як природного, так і техногенного характеру [1]. Землетруси, повені, урагани та сильні шторми призводять до руйнування інфраструктури електромереж, у тому числі ліній електропередач та підстанцій. Довгі періоди спеки або холоду, а також опади у вигляді снігу та льоду можуть призвести до обривів проводів та пошкоджень опор. Неправильна експлуатація обладнання або недостатня навченість персоналу

можуть призвести до аварій. Сучасні електромережі стають вразливими для кіберзагроз, що може порушити їхню роботу та викликати відключення. Старіння інфраструктури, нестача модернізації та фізичне зношування матеріалів можуть призвести до аварій. Обрив проводів або пошкодження опор через зовнішні впливи, такі як падіння дерев або зіткнення з транспортними засобами. Короткі замикання на землі або інші електричні несправності можуть спричинити вимкнення та пошкодження обладнання.

Протягом останніх двох передвоєнних років сталося декілька надзвичайних ситуацій у розподілених мережах України. На Львівщині у серпні 2019 року стався збій у роботі автоматизованої системи керування електромережами, внаслідок цих технічних несправностей сталося відключення кількох районів від електроенергії та збої в подачі на підстанції. У червні 2020 року повінь у Закарпатській призвела до затоплення підстанцій та пошкодження розподільчих пристроїв. У грудні 2020 року сильний снігопад та крижаний дощ призвели до обвалення дерев на лінії електропередач у Київській області, унаслідок чого зафіксовано обрив проводів та пошкодження опор. У Харкові в січні 2021 року сталася пожежа на підстанції, яка спричинила вихід з ладу трансформаторів та розподільчих пристроїв. На Одещині в березні 2021 року вітряна погода з поривами до 30 м/с призвела до пошкодження ліній електропередач 6-10 кВ, що викликало відключення підстанцій і масові відключення електроенергії. Ці випадки демонструють різноманітність факторів, які сприяють виникненню надзвичайних ситуацій у розподілених електромережах України, що потребує ефективного управління ризиками й модернізації інфраструктури для підвищення надійності електропостачання та наголошують на необхідності комплексного підходу до захисту та модернізації розподільчих електромереж для підвищення їх стійкості до різних загроз.

У цьому розрізі актуальним постає питання швидкого виявлення й усунення пошкоджень електромереж. Для цього все частіше використовують

інноваційні системи пошуку місць ушкоджень. Австрійська система BAUR protrac® призначена для точної локалізації пошкоджень кабелів та їх оболонки. Вона використовує акустичні та електромагнітні методи, а також функцію трасування кабелів і забезпечує високу точність та швидку локалізацію завдяки бездротовому з'єднанню та адаптивній системі придушення шуму [2].

Системи автоматизованого контролю застосовують телесигналізацію та телеуправління, що дозволяє здійснювати моніторинг стану мереж і виявляти несправності й забезпечувати оперативне реагування на аварійні ситуації, хоча можуть виникати проблеми, пов'язані з метеорологічними умовами й необхідністю значних інвестицій у модернізацію.

Для локалізації витоків на землю й пошкоджень кабельної оболонки використовуються технології крокової напруги, які особливо ефективні для виявлення коротких замикань та інших електричних несправностей. На Одещині у 2020 році було застосовано технологію крокової напруги для виявлення пошкодження на лінії електропередач, що дозволило швидко локалізувати місце витoku та мінімізувати відключення.

При пошкодженні кабелів виникають звукові хвилі, для виявлення яких використовують мікрофони. Акустичні методи дозволяють точно визначити місце ушкодження, особливо у складних умовах експлуатації [3]. У Львівській області у 2022 році було використано акустичну систему для локалізації пошкодження кабелю, викликаного будівельними роботами. Це дозволило швидко відновити електропостачання без значних витрат часу.

Застосування різних систем пошуку місць ушкоджень у розподілених електромережах України сприяє значному скороченню часу на пошук та усунення пошкоджень у розподілених електромережах. Використання сучасних технологій дозволяє значно підвищити ефективність реагування на аварійні ситуації та покращити надійність енергопостачання.

### **Література:**

1. Захист електричних мереж від природних ризиків. – ОБСЄ. – Режим доступу: <https://www.osce.org/files/f/documents/8/d/293556.pdf>.

2. Система для точної локалізації місць пошкоджень кабелю protrac® компанії BAUR. – Режим доступу: <https://www.baur.eu/ru/protrac>.

3. Levterov A. A. Acoustic Research Method for Burning Flammable Substances. Acoustical Physics. Volume 65. 2019. № 4. P. 444-449.

*Пашков В. Г., ст. гр. АД-51-24*

*Кравцов М. М., доц. каф. МБЖД, к.т.н.*

*Харківський національний автомобільно-дорожній університет*

## **НАДЗВИЧАЙНІ СИТУАЦІЇ ВНАСЛІДОК ДОРОЖНЬО- ТРАНСПОРТНИХ ПРИГОД**

Наказом Державної служби України з безпеки на транспорті від 27 січня 2023 року № 59, що стосується оперативних заходів реагування на дорожньо-транспортні пригоди, катастрофи, аварії та інші події на автомобільному, міському електричному (трамвай, тролейбус) та залізничному транспорті, передбачено, що державні службовці та працівники відповідного територіального органу Укртрансбезпеки оперативно виїжджають на місце виникнення ДТП або події.

Порядком ведення обліку та аналізу причин катастроф, аварій, дорожньо-транспортних пригод і пожеж на автомобільному та міському електричному транспорті (трамваї, тролейбуси), затвердженим наказом Міністерства інфраструктури України від 20 квітня 2017 року № 151, зареєстрованим у Міністерстві юстиції України 17 травня 2017 року під № 631/30499, визначено процедуру обліку та аналізу причин катастроф, аварій, дорожньо-транспортних пригод і пожеж на автомобільному



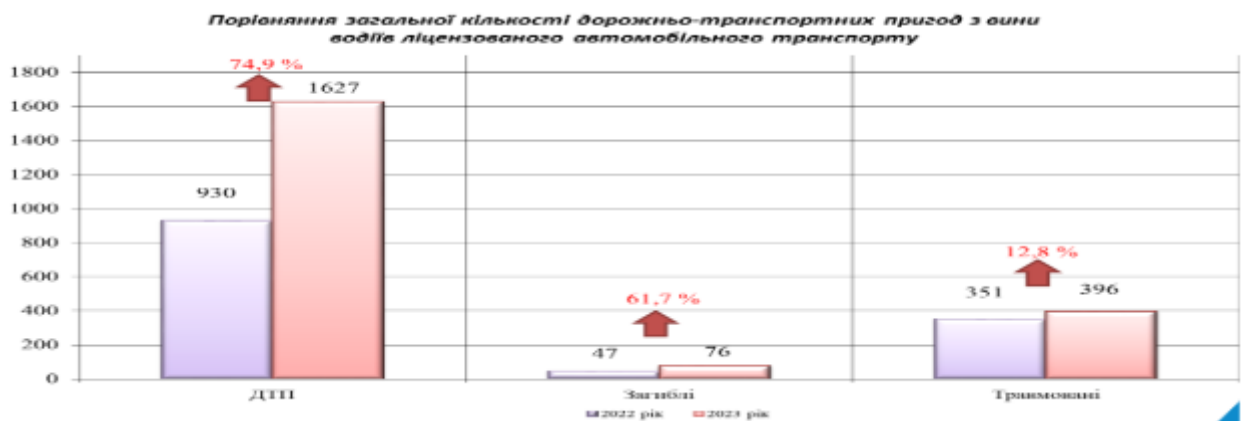
транспорті загального користування та міському електричному транспорті (трамвай, тролейбус), яку проводить Укртрансбезпека.

Порядком технічного розслідування катастроф, аварій, дорожньо-транспортних пригод і подій на автомобільному та міському електричному транспорті (трамвай, тролейбус), затвердженим наказом Міністерства інфраструктури України від 23 червня 2015 року № 231 та зареєстрованим у Міністерстві юстиції України 9 липня 2015 року під № 818/27263, а також Порядком технічного розслідування катастроф, аварій, дорожньо-транспортних пригод і подій на залізничному транспорті, затвердженим наказом Міністерства інфраструктури України від 21 вересня 2018 року № 433 та зареєстрованим у Міністерстві юстиції України 22 жовтня 2018 року під № 1185/32637, встановлено процедуру проведення технічного розслідування таких інцидентів на автомобільному, міському електричному та залізничному транспорті. Мета цього розслідування – підвищення якості функціонування системи безпеки руху та запобігання травматизму на наземному транспорті шляхом визначення технічних і організаційних причин катастроф, аварій і дорожньо-транспортних пригод, а також розроблення профілактичних заходів і рекомендацій з безпеки.

### Стан аварійності на автомобільному транспорті загального користування



Згідно зі статистичними даними, протягом 2023 року на автошляхах України сталося 2818 дорожньо-транспортних пригод (ДТП) за участю ліцензованого автомобільного транспорту, що надає послуги з перевезення пасажирів, небезпечних вантажів і небезпечних відходів, а також міжнародних перевезень пасажирів і вантажів. Внаслідок цих аварій загинули 166 осіб, а 950 отримали травми.



Порівняльний аналіз аварійності на ліцензованому автомобільному транспорті показує, що у 2023 році кількість ДТП за участю транспортних засобів ліцензованих автоперевізників зросла на 65,5 % у порівнянні з аналогічним періодом 2022 року (з 1703 до 2818 випадків). Також відзначається збільшення тяжкості наслідків цих аварій: кількість загиблих у ДТП за участю ліцензованого транспорту зросла на 23 % (з 135 до 166 випадків). Із загального числа загиблих 166 осіб, 76 загинули з вини водіїв ліцензованого транспорту. Кількість травмованих зросла на 22,3 % (з 777 до 950 випадків).

Дорожньо-транспортні пригоди на дорогах загального користування є серйозною проблемою сучасного суспільства, яка призводить до численних травм, смертей, матеріальних збитків та негативно впливає на економіку. Причини таких пригод різноманітні, але основною залишається людський фактор: більшість аварій відбувається через помилки водіїв. Серед основних

порушень – перевищення швидкості, недотримання безпечної дистанції, керування в стані алкогольного або наркотичного сп'яніння та відволікання уваги (наприклад, користування мобільними телефонами за кермом).

Також вагомий вплив має стан дорожнього покриття: неналежний стан доріг, відсутність знаків та недостатнє обслуговування часто стають причиною ДТП, оскільки якість покриття безпосередньо впливає на безпеку руху. Окрім того, погодні умови, такі як дощ, сніг або туман, ускладнюють керування та підвищують ризик аварій. Технічний стан транспортних засобів теж відіграє значну роль: несправності у гальмівній системі, шинах або інших важливих елементах можуть призвести до небезпечних ситуацій на дорозі.

Наслідки дорожньо-транспортних пригод можуть бути надзвичайно важкими:

**Людські втрати:** ДТП часто призводять до травм різної тяжкості у водіїв, пасажирів та пішоходів і нерідко закінчуються летальними випадками.

**Матеріальні збитки:** Аварії завдають суттєвих фінансових збитків, зокрема витрат на ремонт автомобілів, оплату медичних послуг і компенсаційні виплати, що можуть бути значними.

**Соціальні наслідки:** ДТП мають серйозні соціальні наслідки, включаючи стрес і психологічні травми для постраждалих і їхніх родин. Це знижує якість життя та може призводити до тривалих психологічних проблем.

**Економічні втрати:** Витрати на медичне обслуговування, страхові виплати, відновлення доріг та ремонт транспорту, а також зниження продуктивності через травми і смертність суттєво впливають на економіку країни

Запобігання дорожньо-транспортним пригодам є пріоритетом для урядів, організацій та суспільства загалом. Ось кілька заходів, які можуть допомогти знизити рівень аварійності:

**Навчання водіїв:** запровадження освітніх програм для водіїв, що акцентують увагу на безпечному водінні, дотриманні правил та усвідомленні ризиків, пов'язаних із порушеннями.

**Покращення інфраструктури:** інвестиції в якість доріг, встановлення дорожніх знаків, належне освітлення та облаштування безпечних пішохідних переходів значно знижують ризик ДТП.

**Контроль технічного стану транспорту:** регулярні огляди транспортних засобів і дотримання вимог безпеки знижують імовірність аварій, спричинених технічними несправностями.

**Використання нових технологій:** застосування інновацій, таких як автоматичне гальмування, системи утримання в смузі та інші засоби безпеки, зменшують імовірність аварій.

**Посилення законодавчих заходів:** суворіші закони щодо перевищення швидкості, керування в нетверезому стані та інших порушень ПДР допомагають зменшити кількість аварій.

**Використана література:**

<https://life.pravda.com.ua/society/2024/01/27/259076/>

[https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%94%D0%BE%D1%80%D0%BE%D0%B6%D0%BD%D1%8C%D0%BE-%D1%82%D1%80%D0%B0%D0%BD%D1%81%D0%BF%D0%BE%D1%80%D1%82%D0%BD%D0%B0\\_%D0%BF%D1%80%D0%B8%D0%B3%D0%BE%D0%B4%D0%B0](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%94%D0%BE%D1%80%D0%BE%D0%B6%D0%BD%D1%8C%D0%BE-%D1%82%D1%80%D0%B0%D0%BD%D1%81%D0%BF%D0%BE%D1%80%D1%82%D0%BD%D0%B0_%D0%BF%D1%80%D0%B8%D0%B3%D0%BE%D0%B4%D0%B0)

*Попко С. О., здобувач вищої освіти*

*Черепньов І. А., к.т.н., доцент*

*Державний біотехнологічний університет, м. Харків*

*Пісня Л. А., к.т.н.*

*Наукова-дослідна установа*

*«Український науково-дослідний інститут екологічних проблем», м. Харків*

## **ВПЛИВ ЗАХИСНОГО ОДЯГУ НА ЕФЕКТИВНІСТЬ РОБОТИ ПОЖЕЖНИКІВ**

Робота пожежників відноситься до однієї з найнебезпечніших. Так в [1] зазначено, що в світі в середньому щорічно отримують небезпечні травми і поранення майже 64 000 рятувальників. Крім того, серед них широко поширені професійні захворювання такі, як втрата слуху, серцево-судинні та респіраторні захворювання, захворювання опорно-рухового апарату, професійний рак, діабет, гіпертонія та психічні розлади. Факт, що пожежники як правило забезпечується сучасними засобами індивідуального захисту (ЗІЗ), які здатні якщо не зовсім нейтралізувати, то хоча б максимально знизити негативну дію факторів ураження надзвичайної ситуації. На рис.1 зображені рятувальники підрозділів США в ЗІЗ.



Рисунок 1 – Рятувальники США в ЗІЗ<sup>1</sup>.

На жаль, навіть в економічно розвинених країнах Європи нерідкі випадки використання особовим складом ЗІЗ у яких закінчився період нормальної експлуатації і їх захисні показники значно знижені [2, 3]. Однак, навіть надсучасні ЗІЗ під час підвищеного фізичного навантаження можуть створювати дискомфортні умови користувачам [4], а тому самі пожежники досить часто ігнорують правила їх коректного застосування [5]. З метою вирішення існуючої проблеми діють у декількох напрямках. Один з них, це вивчення того фізіологічного навантаження, що створюють різні елементи ЗІЗ на користувача. Зокрема, в [6] порівнювалось навантаження, що створює захисне взуття, теплозахисний одяг і дихальний апарат. В результаті з'ясовано, що найбільше метаболічне навантаження під час ходьби надавало взуття, це у 8,7 разів перевищувало навантаження від дихального апарату, а вплив одягу в 3 рази перевищував вплив дихального апарату. Це дозволяє стверджувати, що необхідно проводити постійну роботу зі зниження маси ЗІЗ одночасно при збереженні, а бажано й підвищенні їх захисних характеристик. Другий напрямок, це дослідження якості фізичної підготовки рятувальників, де перенесення важкого обладнання, тривала робота в ЗІЗ та виконання інших складних завдань вимагають значних енергетичних затрат організму. Зрозуміло, що це підвищує вимоги до фізичної витривалості та стану здоров'я пожежників, серед яких, на жаль, досить часто поширене ожиріння. Зокрема, в [7] наводяться результати медичного обстеження групи пожежників з США, а саме, що 60 % з них, мали надлишкову вагу, а 32 % страждали патологічним ожирінням. Наявність збиткової ваги підвищує вимоги до м'язової, анаеробної та аеробної підготовленості організму. Для зменшення перегріву персоналу, що тривалий час працює в ЗІЗ в [8] пропонується занурення в холодну воду та вживання напоїв низької температури, які готують із суміші льоду й підготовленої рідини (slush). Крім цього, в ці напої додають настої рослинних адаптогенів [9].

### **Література:**

1. Чумаченко С. М., Антощенко Р. В., Черепньов І. А. Засоби індивідуального захисту як джерело токсичної небезпеки для пожежників. *Актуальні проблеми та інноваційні технології у сфері цивільного захисту та екологічної безпеки для повоєнного відновлення України: зб. наук. праць Міжнар. наук.-практ. конф. 28-30 травня 2024 р. Київ: НУХТ, 2024. С. 88-92. URL: <http://surl.li/tmgcsg> .*

2. Taylor A M Wolffe, Anna Clinton, Andrew Robinson , Louis Turrell , Anna A Stec. Contamination of UK firefighters personal protective equipment and workplaces. *Scientific Reports*. 2023. № 13 (1): 65. doi: 10.1038/s41598-022-25741-x. PMID: 36627304; PMCID: PMC9832125.

3. Moraes A., Carvalho M., Boldt R., Ferreira F., Ashdown S. Assessment of Portuguese Firefighters' Needs: Preliminary Results of a Pilot Study. *Advances in Ergonomics in Design. AHFE 2019. Advances in Intelligent Systems and Computing*. 2020. Vol 955. Pp. 721-732. doi:10.1007/978-3-030-20227-9\_69.

4. Phillips D., Ehnes C., Welch B., Lee L., Simin I., Petersen S. R. Influence of work clothing on physiological responses and performance during treadmill exercise and the Wildland Firefighter Pack Test. *Applied Ergonomics*. 2018. № 68. P. 313-318. doi: 10.1016/j.apergo.2017.12.010.

5. Woo Ri Lee, Haejong Lee, Eun Woo Nam, Jin Won Noh, Jin Ha Yoon, Ki Bong Yoo. Comparison of the risks of occupational diseases, avoidable hospitalization, and all-cause deaths between firefighters and non-firefighters: A cohort study using national health insurance claims data. *International Heart Journal*. 2022. Vol. 10. 1070023. doi.org/10.3389/fpubh.2022.1070023.

6. Taylor N., Lewis M., Notley S., Peoples G. A fractionation of the physiological burden of the personal protective equipment worn by firefighters. *European Journal of Applied Physiology*. 2012. № 112(8). P. 2913-2921. doi:10.1007/s00421-011-2267-7.

7. Barr D., Gregson W., Reilly T. (2010). The thermal ergonomics of firefighting reviewed. *Applied Ergonomics*. 2010. №41(1). P. 161-172. doi: 10.1016/j.apergo.2009.07.001.

8. Walker A., Driller M., Brearley M., Argus C., Rattray B. Cold-water immersion and iced-slush ingestion are effective at cooling firefighters following a simulated search and rescue task in a hot environment. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*. 2014. № 39(10). P. 1159-1166. doi:10.1139/apnm-2014-0038.

9. Чумаченко С. М., Дубницький В. Ю., Черепньов І. А., Коломієць Д. П., Карпенко М. І. Аналіз і групування дії адаптогенів рослинного походження для сприяння трудової діяльності операторів складних технічних систем. *Інженерія природокористування*. № (4(18)), С. 78-94. doi: 10.37700/enm.2020.4(18).78-94.

*Стрижак Г. О., студент групи АД-51-24*

*Кравцов М. М., доцент кафедри МБЖД, к.т.н.*

*Харківський національний автомобільно-дорожній університет*

## **ОСОБЛИВОСТІ ВИНИКНЕННЯ ТА ЛІКВІДАЦІЇ АВАРІЙ НА ОБ'ЄКТАХ НАФТОВИДОБУВНОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ**

Аварії в нафтовидобувній промисловості можуть бути спричинені безліччю факторів. Серед технічних причин існують знос обладнання та інфраструктури, відмова насосів, трубопроводів та клапанів, порушення герметичності свердловин. Через людський фактор виникають помилки персоналу при експлуатації обладнання, порушення технологічних регламентів та інструкцій, а також нестача кваліфікації та навчання співробітників. До основних видів аварій відносяться розливи нафти, пожежі, фонтанування нафти, газові викиди під час буріння.



Газові викиди призводять до забруднення атмосфери та виникнення вибухонебезпечних ситуацій. Найчастішими є аварії на наземних нафтових вежах. Фонтанування свердловин є одним із найнебезпечніших аварійних ситуацій, коли нафта або газ вириваються на поверхню під високим тиском, що загрожує безпечній експлуатації та потребує негайних заходів для усунення. Причина – недостатній контроль за тиском або відмова протифонтанового обладнання. Вишки можуть руйнуватися через корозію металу або перевищення допустимих навантажень. Важливу роль також відіграють недоліки в проектуванні або монтажні помилки. Сильний вітер, мороз та корозія від морської води погіршують стан обладнання. На наземних вежах аварії можливі при паводках або морозних ушкодженнях труб [1].

Розливи є серйозною загрозою для морських екосистем і можуть розтягуватися на десятки кілометрів. Несправності автоматизованих систем моніторингу можуть призвести до того, що витік нафти або газу залишиться непоміченим. Ризики зростає у разі порушення зв'язку між платформою і береговими службами. Також велика кількість нафти і газу на платформі створює ризик великих пожеж, особливо при витоках. Вибух може виникнути, якщо газ спалахне в замкнутому просторі або при зварювальних роботах. Іншою особливістю виникнення аварій є людський чинник. Працівники морських платформ змушені працювати в умовах тривалої ізоляції та стресу, що підвищує ймовірність помилок. Тому порушення інструкцій та втома персоналу – найпоширеніші причини аварій [2].

Таким чином, однією з найбільших аварій на морських нафтовидобувних платформах є аварія на платформі «Deerwater Horizon» (2010 р.), напівзанурюваної морської бурової установки, побудованої в 2001 році для компанії Transocean та орендованої корпорацією British Petroleum (BP). Платформа призначалася для глибоководного буріння у Мексиканській затоці на глибинах до 3000 метрів. У момент аварії вона розробляла

свердловину під назвою Macondo, розташовану приблизно за 66 кілометрів від узбережжя Луїзіани. 20 квітня 2010 року на платформі стався катастрофічний вибух. Причиною став прорив газу з підводної свердловини Macondo, який під високим тиском піднявся поверхню через бурильні труби. Вибух призвів до руйнування платформи та виникнення масштабної пожежі, яка тривала понад добу. 22 квітня 2010 року платформа затонула, викликавши масштабний розлив нафти в Мексиканській затоці. Сам витік тривав майже 87 днів, і лише 15 липня вдалося перекрити свердловину [3].

Аварія на Deepwater Horizon стала результатом складного поєднання технічних та організаційних помилок. Основні причини включають: помилки при цементуванні свердловини, відмова системи безпеки, ігнорування сигналів про можливу небезпеку та недоліки у прогнозуванні ризиків.

Цемент, що використовується для герметизації стін свердловини, не забезпечив достатньої міцності та герметичності. Це дозволило газу проникнути у свердлову колону. Протифонтановий превентор (BOP), встановлений на дні океану, не спрацював вчасно і не зміг запобігти викиду нафти та газу. Інженери отримували дані про нестабільний тиск у свердловині, але не вжили своєчасних заходів. Прийняті рішення були мотивовані прагненням скоротити час та витрати та прискорити завершення буріння. Компанія BP та підрядники не провели повну оцінку потенційних ризиків. Організаційні недоробки та погана координація між BP, Transocean та Halliburton призвели до помилок у прийнятті рішень.

Згодом в океан потрапило близько 4,9 млн. барелів нафти, що зробило цей розлив одним з найбільших в історії. Були забруднені великі площі узбережжя США, постраждали флора та фауна Мексиканської затоки. Забруднення негативно позначилося на популяціях птахів, риб та морських ссавців. Було введено обмеження на рибний промисел у постраждалих районах, що завдало шкоди місцевій економіці. Внаслідок аварії загинули 11 людей, які працювали на платформі в момент вибуху. Багато учасників

рятувальних операцій постраждали від токсичних викидів та психологічного стресу.

Аварії на нафтовидобувних об'єктах потребують оперативного реагування та застосування спеціалізованих технологій для мінімізації наслідків. Ці методи включають як первинне усунення джерела аварії, і ліквідацію розливів нафти і забруднень. Важливу роль також відіграє координація між службами та реалізація планів управління надзвичайними ситуаціями.

Витік нафти і газу або неконтрольоване фонтанування вимагають швидких дій для запобігання вибухам і розливам. Основні методи включають: проти фонтанне обладнання (превентори) для перекриття свердловини при виникненні надлишкового тиску, що встановлюються на гирлі свердловини та блокують вихід нафти та газу; застосування бурових розчинів з високою густиною для стабілізації тиску всередині свердловини; затоплення або герметизація свердловини у разі аварій чи встановлення заглушок на свердловину чи труби на підводних установках морських платформ.

Для механічної локалізації розливів застосовуються бонові загородження обмеження поширення нафтових плям лежить на поверхні води. Після цього можливий організований збір нафти при використанні скримерів - спеціальних пристроїв, які збирають нафту з поверхні води (вакуумні насоси використовуються при збиранні нафти на суші). Хімічні дисперсанти допомагають розщеплювати нафту на дрібні краплі, що прискорює її природне розкладання під впливом мікроорганізмів.

Пожежі на нафтовидобувних об'єктах становлять серйозну загрозу та потребують спеціальних методів гасіння. Для гасіння застосовуються порошкові та пінні вогнегасники, здатні гасити загоряння нафти та газу. Також застосовуються вуглекислотні установки для запобігання

розповсюдженню вогню в замкнених просторах. Для захисту від поширення вогню та охолодження обладнання використовуються водяні завіси [4].

У деяких випадках для припинення горіння застосовують контрольовані вибухи, які перекривають доступ кисню до вогнища пожежі. Також для ефективного гасіння можуть прийматись відповідні рішення на місцях. Наприклад, після війни в Перській затоці (1991 р.) і виходу Іраку з Кувейту, іракські війська, що відступають, підпалили безліч нафтових свердловин. Ця масштабна екологічна та економічна криза вимагала застосування нестандартних методів ліквідації пожеж, оскільки традиційні засоби гасіння виявилися недостатньо ефективними. Один із таких унікальних прикладів – використання модифікованої пожежної техніки на базі захопленої гусеничною технікою Іракської Республіканської Армії, яка не представляла інтерес, з реактивними двигунами для боротьби з вогнем на нафтових родовищах.

Аварії на об'єктах нафтовидобувної промисловості є серйозною загрозою для життя людей, навколишнього середовища та економіки. Запобігання таким подіям вимагає комплексного підходу, що включає використання сучасних технологій, навчання персоналу та розробку чітких планів дій. Важливо також приділяти увагу ліквідації наслідків аварій та мінімізації збитків, що дозволить забезпечити стійку роботу галузі та зберегти природні ресурси для майбутніх поколінь.

#### **Перелік літературних джерел:**

1. Михайлюк О. П., Олійник В. В., Кріса І. Я., Білим П. А., Тесленко О. О., Пожежна безпека об'єктів підвищеної небезпеки: навч. посіб. Харків: Нац. Ун-т. Цивільного Захисту України, 2010. – 258 с.

2. Білецький В. М., Орловський В. М., Дмитренко В. І., Похилко А. М., основи нафтогазової справи: навч. посіб. Полтава: Полтавський Нац. Техн. Ун-т. ім. Юрія Кондратюка, 2017 – 312 с.

3. Florida Department of Environmental Protection Official Resorce, Deepwater Horizon Oil Spill Response & Restoration: веб-сайт – режим доступу: <http://www.dep.state.fl.us/deepwaterhorizon/> (дата звернення: 25.10.2024).

4. Кодекс цивільного захисту, 2013, № 34-35, 458 с.

*Трофіменко Д. О., студент групи АД-51-24*

*Кравцов М. М., доц. каф. МБЖД, к.т.н.*

*Харківський національний автомобільно-дорожній університет*

## **МЕТОДИ ЛОКАЛІЗАЦІЇ ТА ЛІКВІДАЦІЇ НАСЛІДКІВ ХІМІЧНИХ АВАРІЙ**

Хімічні аварії є вкрай руйнівними за наслідками, оскільки хімічні сполуки, які зазвичай потрапляють в повітря під час аварій на підприємствах є вкрай агресивними до органіки, насамперед до шкіри, слизистих оболонок, очей, тощо, що призводить до великої кількості летальних наслідків а також ще більшої кількості травмованих людей, здоров'я яких понівечене назавжди. Попередження, локалізація хімічних заражень та ліквідація наслідків аварій хімічних підприємств є вкрай важливою складовою цивільного захисту населення, що пов'язано із стрімким розвитком підприємств виробництва побутової хімії, реагентів для очищення нафтопродуктів, сполук та лугів фармацевтичної галузі, господарських пестицидів, мономерів та добавок пластмас, кислоти для металургії.

Наслідками аварій із викидом хімічних сполук є аварії, пов'язані із викидом хімічних сполук які належать до техногенних надзвичайних ситуацій. Вони становлять значну загрозу для здоров'я та життя людини, тварин та екосистем. Агресивні летючі сполуки здатні роз'їдати органіку та призводить до хімічних опіків [1]. Факторами, від яких залежить степінь важкості завданого хімічного отруєння або хімічних опіків є тип речовини,

її концентрація, тривалість впливу і спосіб потрапляння в організм (вдихання, контакт з очима чи шкірою). Серед наслідків можна виділити:

- подразнення дихальних шляхів, які виникають у разі дії деяких сполук, як наприклад хлор, аміак, сірководень, тощо, які викликають подразнення у вигляді кашлю, задухи, відчуття печіння в горлі та грудній клітці, що в подальшому може закінчитися летальним кінцем у разі високих концентрацій речовини;

- пошкодження шкіри та слизових оболонок, які виникають у разі дії агресивних кислот, наприклад сірчана кислота, які в газоподібній формі, які викликають хімічні опіки на шкірі, сильне подразнення очей і слизових оболонок носа та рота, що часто супроводжується сильним болем і почервонінням, що може закінчитися частковою або загальною втратою нюху та зору;

- порушення роботи центральної нервової системи, яке виникає у результаті дії, наприклад фталатних естер для виробництва пластмас, свинцю для виробництва фарб, формальдегіду [2], бензолу, толуолу, тощо, які викликають інтоксикацію через блокування передачу кисню в легенях, що може призвести до втрати свідомості, судом, коми і навіть смерті при високих концентраціях;

- отруєння і загальна інтоксикація організму, яку викликають хімічні речовини, що потрапляють у кровообіг організму, наприклад сірководень, результатом чого є виникнення головного болю, нудоти, запаморочення, порушення роботи серця, судин і центральної нервової системи;

- тривалі наслідки та хронічні захворювання після контакту з деякими агресивними газами, як от формальдегід та бензол зі своїми канцерогенними властивостями, призводить до хронічних захворювань дихальних шляхів, зокрема до астми, бронхіту та, в окремих випадках, до розвитку злоякісних пухлин;

– психологічні наслідки які можуть залишати глибокий психологічний слід, що призводить до розвитку посттравматичного стресового розладу (ПТСР), тривожних розладів і депресії у людей, які опинилися в зоні лиха.

Лікування та реабілітація постраждалих після впливу агресивних хімічних речовин залежать від ступеня ураження і можуть включати інтенсивну терапію, кисневу підтримку, антидоти та тривале спостереження за станом здоров'я.

Виникнення на підприємствах аварій із викидом хімічних сполук мають різноманітні причини:

– Найчастіше, аварії виникають внаслідок технічних несправностей обладнання. Це поломки обладнання, зношення деталей, витік у системах трубопроводів або резервуарів для зберігання токсичних речовин. Технічні несправності також можуть бути результатом несвоєчасного ремонту, заміни деталей або ненавмисного зловмисного замовчування про такі несправності;

– Людський фактор може призвести до порушення техніки безпеки, недотримання інструкцій. Персонал може мати недостатню кваліфікацію та підготовку. Перевтома персоналу, також може стати причиною аварій. Неправильне керування системами або порушення процедури при завантаженні, розвантаженні чи змішуванні хімічних речовин також можуть бути причинами аварій;

– Проектні та конструкторські недоліки, як от неправильний вибір матеріалів для обладнання або відсутність достатньої ізоляції можуть стати причинами аварій. Наприклад, неправильний розрахунок тиску або температури може призвести до руйнування обладнання та витоків;

– Природні катастрофи та стихійні лиха, як от землетруси, повені, бурі, тощо можуть пошкодити хімічні об'єкти, що призведе до витоків небезпечних речовин. Такі події є особливо небезпечними, адже їх важко передбачити, а заходи безпеки можуть бути недостатніми;

– Хімічні об'єкти можуть стати цілком диверсій або терористичних актів. Навмисне пошкодження обладнання з метою спричинення аварії створює надзвичайно небезпечні ситуації, особливо в густонаселених районах.

Локалізація аварій є важливим етапом, який має на меті швидке обмеження поширення небезпечних речовин і зменшення шкоди для людей та навколишнього середовища [3]. Ефективна локалізація передбачає використання різних методів залежно від типу хімічної сполуки, обсягу викиду, метеорологічних умов та доступних ресурсів. Основні підходи до локалізації включають: створення фізичних бар'єрів, застосування сорбентів, ізоляція джерела викиду, системи водяних завіс і пінних бар'єрів, евакуація і забезпечення засобів індивідуального захисту, вентиляція та аерація. Створення фізичних бар'єрів включає створення спеціальних перешкод (грунтові вали, бар'єрні плівки), що запобігають поширенню рідких токсичних речовин на великі відстані. Це допомагає уникнути забруднення водних об'єктів і ґрунту.

Використання сорбуючих матеріалів, таких як активоване вугілля, бентонітові глини або синтетичні сорбенти, дозволяє швидко поглинати небезпечні рідини і навіть гази з навколишнього середовища. Сорбенти ефективні для зупинення поширення токсичних речовин і зменшення їх концентрації в повітрі або воді.

Для ізоляції та/або герметизації джерела викиду можуть використовуватися клапани, герметичні покриття, що дозволяють ізолювати пошкоджену ділянку. Нафтогазові і хімічні підприємства часто обладнані системами, що дозволяють автоматично перекрити труби в разі витіку. Водяні завіси створюють потужні потоки води для осадження парів і газів, знижуючи їх концентрацію в повітрі.

Ефективна локалізація аварійних викидів значно знижує ризик масового ураження і довготривалих екологічних збитків. Кожен метод потребує відповідного обладнання та навчання персоналу, що відповідає за ліквідацію



надзвичайних ситуацій, аби всі заходи були впроваджені оперативної та з мінімальними втратами.

Ліквідація наслідків аварій є критично важливим процесом для своєчасного запобігання серйозним наслідкам для здоров'я людей та екосистем. Процес ліквідації складається з кількох етапів, кожен з яких має свої специфічні завдання і методи:

- Оцінка ситуації. Перше, що необхідно зробити після аварії, – це провести оцінку ситуації для визначення типу, обсягу і небезпеки викинутих хімічних речовин. Цю інформацію можна отримати з документації підприємства, на якому сталася аварія, на основі аналізу профільних лабораторій, а також від свідків, які могли бачити характерні ознаки витоку небезпечних речовин, наприклад характерний запах чи характерне забарвлення, які зазвичай роблять для своєчасного виявлення таких речовин;

- Локалізація викиду;

- Знешкодження небезпечних речовин. Можуть бути застосовані хімічні нейтралізатори, що перетворюють токсичні сполуки в менш небезпечні або безпечні для навколишнього середовища. Наприклад, для нейтралізації кислоти використовують лужні речовини, а для знешкодження аміаку – кислоти;

- Очистка території. Після знешкодження небезпечних хімічних сполук проводять очищення території, яке може включати механічне видалення забруднених ґрунтів, води або використання спеціальних засобів;

- Моніторинг і контроль. Після ліквідації наслідків проводять моніторинг забрудненості повітря, ґрунту і води, щоб переконатися в тому, що викиди не мають тривалого негативного впливу на навколишнє середовище;

- Евакуація і допомога постраждалим. Під час ліквідації наслідків важливо організувати евакуацію населення з небезпечної зони, забезпечити постраждалим медичну допомогу, а також інформаційну підтримку.

### **Літературні джерела:**

1. Ніженковська І. В., Вельчинська О. В., Кучер М. М., Токсикологічна хімія: підручник 3-тє видання. Київ: ВСВ «Медицина», 2016. – 365 с.
2. Alfred de Grazia, A Cloud over Bhopal - Causes, Consequences and Constructive Solutions, Metron Publications, 1985. – ISBN 0-940268-09-9.
3. Кодекс цивільного захисту, 2013, № 34-35, 458 с.: веб-сайт – режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1809-14#Text>

**Матеріали Всеукраїнської науково-практичної Інтернет-конференції  
здобувачів вищої освіти і молодих учених**

**«Метрологічні аспекти прийняття рішень  
в умовах роботи на техногенно небезпечних об'єктах»**

Відповідальність за достовірність наведених в матеріалах даних  
несуть автори публікацій.

Тачка зору редколегії не завжди збігається з позицією авторів.

**5 листопада 2024 р.  
м. Харків, Україна**