

УДК 681.5.004.8

## ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ ТА ЕФЕКТИВНОСТІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ВИРОБНИЧИХ ЛІНІЙ МЕТОДОМ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ НА ОСНОВІ МОНІТОРИНГУ АКУСТИЧНИХ СИГНАЛІВ

**С. Г. КОВАЛЬОВ**, докторант, **А. В. ГРИНЬКІВ**, к.т.н., старший дослідник,  
**В. В. АУЛІН**, д.т.н., проф., **В. В. ВАРВАРОВ**, к.т.н.  
*Центральноукраїнський національний технічний університет*  
*E-mail: AulinVV@gmail.com*

Акустичні методи є потужним інструментом для моніторингу стану виробничих ліній, оскільки багато вузлів обладнання створюють не випадкові звуки, а саме характеристичні акустичні спектри. Ці спектри відображають конкретні механічні процеси та стан вузлів. Завдяки використанню акустичних методів можна виявляти відхилення від норми та прогнозувати можливі збої, що дозволяє своєчасно здійснювати технічне обслуговування та ремонт, забезпечуючи безперебійну роботу виробничого обладнання та підвищуючи ефективність його використання.

Розвиток штучного інтелекту (ШІ) відкрив нові горизонти в аналізі параметрів, що корелюються з надійністю та ефективністю виробничого обладнання. Завдяки передовим алгоритмам і методам машинного навчання, ШІ здатен виявляти та аналізувати складні взаємозв'язки між різними експлуатаційними параметрами обладнання. Це дозволяє не лише вимірювати ці параметри з високою точністю, але й використовувати отримані дані для вдосконалення та оптимізації роботи виробничих ліній. Застосування ШІ у виробничих процесах сприяє своєчасному виявленню можливих проблем та їхньому усуненню, що підвищує загальну надійність функціонування та ефективність використання обладнання.

Звук є важливим явищем, яке може бути виміряне та проаналізоване за допомогою ШІ у контексті роботи виробничої лінії. Методи спектрального акустичного аналізу дозволяють отримувати інформацію про стан обладнання виробничих ліній на основі характеристичних звукових спектрів, що створюються в тому числі і обертовими вузлами та підшипниками. Аналізуючи ці спектри, ШІ може ідентифікувати відхилення, які вказують на потенційні проблеми з надійністю або ефективністю роботи обладнання. Це надає можливість здійснювати превентивне технічне обслуговування та оптимізувати роботу виробничих ліній на основі реальних даних, що значно знижує ризик простоїв і збільшує продуктивність.

Дослідження, пов'язані з використанням ШІ для виявлення параметрів, що корелюються з надійністю та ефективністю виробничого обладнання, невпинно зростають. Сучасні алгоритми ШІ та методи машинного навчання відкривають нові можливості для аналізу та оптимізації роботи виробничих ліній. Виявлення і моніторинг акустичних сигналів, дозволяють з високою

точністю визначати стан обладнання та прогнозувати потенційні відмови. Це забезпечує можливість своєчасного технічного обслуговування, зменшуючи ризик простоїв та знижуючи витрати на експлуатацію. Таким чином, впровадження ШІ у виробничі процеси сприяє підвищенню їх надійності та ефективності, що робить ці дослідження надзвичайно важливими та перспективними.

Мета дослідження полягає у розробці методу для обробки та аналізу акустичних сигналів, генерованих виробничим обладнанням, із застосуванням апаратних та програмних засобів, що реалізують ШІ та КНМ, для підвищення надійності експлуатації та ефективності функціонування виробничих ліній. Основна концепція даного методу передбачає попередню обробку акустичних сигналів за допомогою спеціалізованих бібліотек Python, результатом чого є формування двовимірних матриць або зображень. Це дозволяє ефективно використовувати методи КНМ для аналізу спектральних характеристик і змін акустичних сигналів у часі, здійснення діагностики, контролю та оптимізації роботи виробничого обладнання, а також виявлення аномалій, що підвищує надійність та ефективність його функціонування.

В роботі запропоновано підхід використання двовимірних уявлень акустичних спектрів у часі як вхідних даних для КНМ з метою виявлення параметрів роботи виробничого обладнання, що корелюються з надійністю функціонування та ефективністю використання обладнання. Проведені дослідження щодо впровадження методів акустичного спектрального аналізу в поєднанні з КНМ у виробничі процеси для покращення ефективності використання та надійності функціонування обладнання у виробничій системі, що сприятиме оптимізації функціонування сучасного виробництва.

Запропоновано метод виявлення кореляції між акустичним спектром роботи обладнання та його параметрами надійності. При цьому використовували фоонові акустичні сигнали з характеристичними спектральними лініями, які мали нахил у відповідності до зменшення обертів двигуна, як електроприладу.

Розглянуто спосіб впровадження машинного навчання в автоматизовані виробничі лінії для підвищення їх ефективності. Машинне навчання було реалізовано на DataSet графічних матеріалах конволюційних нейронних мереж для виявлення аномальної роботи електродвигуна.

Побудована структура та програмна модель створення та навчання конволюційних нейронних мереж для розпізнавання двовимірних патернів стану виробничого обладнання. Визначено, що результат процесу навчання здійснюється з точністю 99,02% відносно аномалії процесів функціонування виробничого обладнання і 68,75% – на даних валідації. Показано можливість ідентифікації патернів аварійного функціонування обладнання, що важливо для підвищення ефективності і надійності функціонування виробничих ліній технічним обслуговуванням.

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І  
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ  
ІНСТИТУТ МЕХАНІКИ ТА АВТОМАТИКИ АПВ НААН  
ДЕРЖАВНИЙ БІОТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**



***ЗБІРНИК  
ТЕЗ ДОПОВІДЕЙ***

***XII Міжнародної науково-технічної конференції з нагоди  
118-ї річниці від дня народження  
доктора технічних наук, професора,  
віцепрезидента УАСГН  
КРАМАРОВА  
Володимира Савовича  
(1906-1987)***

**«КРАМАРОВСЬКІ ЧИТАННЯ»**

***20-21 лютого 2025 року  
м. Київ***

MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE OF UKRAINE  
NATIONAL UNIVERSITY OF LIFE AND ENVIRONMENTAL  
SCIENCES OF UKRAINE  
INSTITUTE OF MECHANICS AND AUTOMATICS OF  
AGROINDUSTRIAL PRODUCTION OF THE NATIONAL  
ACADEMY OF AGRARIAN SCIENCES OF UKRAINE  
STATE BIOTECHNOLOGICAL UNIVERSITY



## ***PROCEEDINGS***

*XII International Scientific and Technical Conference dedicated  
to the 118th anniversary of the birth of  
Doctor of Technical Sciences, Professor,  
Vice President of the UAAS  
KRAMAROV  
Volodymyr Savovych  
(1906-1987)*

**«KRAMAROV'S READINGS»**

*February 20-21, 2025  
Kyiv*

УДК 631.17+62-52-631.3

Збірник тез доповідей XII Міжнародної науково-технічної конференції «Крамаровські читання» з нагоди 118-ї річниці від дня народження доктора технічних наук, професора, віцепрезидента УАСГН Крамарова Володимира Савовича (1906-1987) 20-21 лют. 2025 р., м. Київ / МОН України, Національний університет біоресурсів і природокористування України. К.: Видавничий центр НУБіП України, 2025. 662 с.

Proceeding of the XII International Scientific and Technical Conference dedicated to the 118th anniversary of the birth of Doctor of Technical Sciences, Professor, Vice President of the UAAS Kramarov Volodymyr Savovych (1906–1987), February 20–21, 2025, Kyiv / MES of Ukraine, National University of Life And Environmental Sciences of Ukraine. Kyiv: Publishing center of NULES of Ukraine, 2025. 662 p.

В збірнику представлені тези доповідей науково-педагогічних працівників, наукових співробітників, аспірантів та студентів НУБіП України, провідних вітчизняних і закордонних вищих навчальних закладів та наукових установ, в яких розглядаються завершені етапи розробок.

The Proceedings presents abstracts of reports of scientific and pedagogical workers, research staff, graduate students and students of the NULES of Ukraine, leading domestic and foreign higher educational institutions and scientific institutions, in which completed stages of development are considered.

## **ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ КОМІТЕТ:**

- Ткачук В. А.** – ректор НУБіП України, голова організаційного комітету;  
**Тонха О. Л.** – проректор з наукової роботи та інноваційної діяльності НУБіП України, заступник голови організаційного комітету;  
**Ружило З. В.** – декан факультету конструювання та дизайну НУБіП України, заступник голови організаційного комітету;  
**Мельник В. І.** – доцент кафедри надійності техніки НУБіП України, секретар організаційного комітету;
- Члени організаційного комітету:**  
**Автухов А. К.** – завідувач кафедри сервісної інженерії та технології матеріалів в машинобудуванні імені О. І. Сідашенка ДБУ;  
**Адамчук В. В.** – директор «ІМА АПВ НААН», академік НААН;  
**Альмейда А.** – професор Політехнічного університету Браганси (Португальська Республіка);  
**Аулін В. В.** – професор кафедри експлуатації та ремонту машин ЦНТУ;  
**Арак М.** – директор Тартуського технічного коледжу м. Тарту (Естонська Республіка);  
**Банний О. О.** – заступник декана факультету конструювання та дизайну НУБіП України;  
**Бєлоєв Х.** – радник ректора Університету «Ангел Кънчев» в м. Русе, академік Болгарської АН (Республіка Болгарія);  
**Борак К. В.** – заступник директора ЖАТФК;  
**Братішко В. В.** – декан МТФ НУБіП України;  
**Будяй О. В.** – директор ТОВ «Манн+Хуммель Фільтрейшн Текнолоджі Україна»;  
**Булгаков В. М.** – завідувач кафедри механіки НУБіП України, академік НААН;  
**Василенко М. О.** – завідувач відділу «ІМА АПВ НААН»;  
**Васильковський О. М.** – завідувач кафедри сільсько-господарського машинобудування ЦНТУ;  
**Войтюк Д. Г.** – професор кафедри сільськогосподарських машин та системотехніки ім. акад. П.М. Василенка НУБіП України, член-кореспондент НААН;  
**Герук С. М.** – завідувач кафедри агроінженерії ЖАТФК;  
**Джеонг Ілля** – Голова представництва в Україні «HYUNDAI XITESOLUTION» (Республіка Корея);  
**Домейка Р.** – декан відділення Агроінженірингу, Університету Вітаутаса Великого (Литовська Республіка);  
**Захарчук О. В.** – завідувач відділу ННЦ «ІАЕ», член-кореспондент НААН;  
**Іванишин В. В.** – ректор ЗВО «Подільський ДУ», академік НААН;  
**Ковалишин С. Й.** – декан факультету механіки, енергетики та інформаційних технологій ЛНУП;  
**Коренко М.** – професор Інституту проєктування та інженерних технологій Словацького аграрного університету в м. Нітра (Словацька Республіка);

- Кувачов В. П.** – декан МТФ ТДАТУ імені Дмитра Моторного;
- Кульгавий В. Ф.** – генеральний директор ВГО «Українська асоціація аграрних інженерів»;
- Кюрчев С. В.** – ректор ТДАТУ імені Дмитра Моторного;
- Литовченко О. В.** – директор ВСП «Ніжинський ФК НУБіП України»;
- Ловейкін В. С.** – завідувач кафедри конструювання машин і обладнання НУБіП України;
- Лопатько К. Г.** – завідувач кафедри технології конструкційних матеріалів і матеріалознавства НУБіП України;
- Лукач В. С.** – директор ВП «Ніжинський агротехнічний інститут» НУБіП України;
- Мельник В. І.** – провідний науковий співробітник відділу науково-технічної інформації НДЧ НУБіП України;
- Мельник В. І.** – професор кафедри оптимізації технологічних систем в рослинництві ДБУ;
- Надикто В. Т.** – професор ТДАТУ імені Дмитра Моторного, член-кореспондент НААН;
- Науменко О. А.** – професор кафедри сервісної інженерії та технології матеріалів в машинобудуванні імені О. І. Сідашенка ДБУ;
- Новак Я.** – професор Університету природничих наук у Любліні (Республіка Польща);
- Новицький А. В.** – завідувач кафедри надійності техніки НУБіП України;
- Ольт Ю.** – професор Інженерного інституту Естонського університету наук про життя (Естонська Республіка);
- Паскуці С.** – професор Департаменту агроекологічних і територіальних наук (DISAAT) університету Альдо Моро в м. Барі (Італійська Республіка);
- Пилипака С. Ф.** – завідувач кафедри нарисної геометрії, комп'ютерної графіки та дизайну НУБіП України;
- Полянський П. М.** – завідувач кафедри загальнотехнічних дисциплін МНАУ;
- Пона Лукреція** – науковий дослідник Національного інституту досліджень і розробок машин і установок для сільського господарства та харчової промисловості (Румунія);
- Продеус О. В.** – керівник відділу збуту Манн+Хуммель GmbH;
- Роговський І. Л.** – завідувач кафедри технічного сервісу та інженерного менеджменту імені М. П. Момотенка НУБіП України;
- Ромасевич Ю. О.** – заступник декана факультету конструювання та дизайну НУБіП України;
- Ревенко Ю. І.** – доцент кафедри надійності техніки НУБіП України;
- Русінс А.** – директор Улброкського наукового центру Латвійського університету природничих наук і технологій (Латвійська Республіка);
- Саченко В. І.** – Голова Ради Асоціації «Укрмашибуд»;
- Савченко В. М.** – доцент кафедри агроінженерії та технічного сервісу ПНУ;
- Сайчук О. В.** – директор ХДФПК імені В. І. Вернадського;
- Сиволапов О. В.** – директор ТОВ «Індустрія техногруп»;

**Тін Ю Чен** - голова китайського офісу філії університету в Лінї (Китайська Народна Республіка);

**Фіндура П.** – проректор Словацького аграрного університету в м. Нітра (Словацька Республіка).

**Шарибура А. О.** – завідувач кафедри агроінженерії та технічного сервісу ім. О. Семковича ЛНУП;

**Яковенко І. А.** – завідувач кафедри будівництва НУБіП України.