

УДК 621.891:620.179.16

АНАЛІЗ СУЧАСНИХ МЕТОДІВ ВИЗНАЧЕННЯ ГРАНИЧНИХ ВІДХИЛЕНЬ ПРИ ДІАГНОСТУВАННІ ДЕТАЛЕЙ МАШИН

В. В. МАКАРЕЦЬ доктор філософії, старший викладач
М. Р. САХИПЗАДІН студент, бакалавр
ВП НУБіП України «Ніжинський агротехнічний інститут»
E-mail: walera10100@gmail.com

У сучасному машинобудуванні точна діагностика стану деталей та визначення їх граничних відхилень є критично важливим аспектом забезпечення надійності та довговічності машин. Граничне відхилення параметрів деталей визначає момент [1], коли подальша експлуатація стає неефективною або небезпечною. Згідно з даними Міжнародної організації зі стандартизації [2], точність вимірювання відхилень повинна становити не менше 0,001 мм для прецизійних деталей.

При визначенні граничних відхилень важливо враховувати як технічні, так і економічні фактори. Дослідження [3] показують, що оптимальне значення граничного відхилення можна визначити за формулою:

$$\Delta_{gr} = \Delta_{ном} \cdot K \cdot (1 + \sigma),$$

де $\Delta_{ном}$ - номінальне відхилення, K - коефіцієнт запасу (зазвичай приймається 1,2-1,5), σ - середньоквадратичне відхилення параметра. При цьому необхідно враховувати вплив експлуатаційних факторів на інтенсивність зношування деталей.

Статистичний метод визначення граничних відхилень [4], базується на аналізі великих масивів даних про відмови деталей. За дослідженнями, ймовірність безвідмовної роботи деталі $P(t)$ можна описати функцією:

$$P(t) = \exp(-\lambda t),$$

де λ - інтенсивність відмов, t - час експлуатації. При цьому граничне відхилення визначається з умови $P(t) \geq 0,95$.

Особливу увагу слід приділити методу моделювання зношування, який дозволяє прогнозувати зміну параметрів деталей у часі. За роботою [5], швидкість зношування V можна представити як:

$$V = k \cdot P \cdot v \cdot f(T),$$

де k - коефіцієнт зношування, P - питома навантаження, v - швидкість відносного переміщення, $f(T)$ - температурна функція. Інтегруючи це рівняння, отримуємо величину зносу:

$$h(t) = \int V(t) dt.$$

Сучасні технології діагностування [6], дозволяють з високою точністю визначати фактичні відхилення параметрів деталей. Наприклад, при використанні лазерного сканування точність вимірювання становить $\pm 0,005$ мм, що відповідає вимогам стандарту [7]. Результати вимірювань обробляються за допомогою спеціальних алгоритмів, що враховують похибки вимірювання та систематичні відхилення.

За даними досліджень Національного інституту стандартів і технологій США [8], економічна ефективність призначення граничних відхилень може бути оцінена за формулою:

$$E = \frac{C_6 \cdot T_p - C_p}{C_3},$$

де C_6 – вартість простою обладнання, T_p – час до ремонту, C_p – вартість ремонту, C_3 – витрати на забезпечення точності виготовлення. При $E > 1,5$ призначення більш жорстких допусків є економічно обґрунтованим.

Практика експлуатації машин показує, що при визначенні граничних відхилень необхідно враховувати взаємний вплив параметрів деталей, що сполучаються. Згідно з дослідженнями [9], сумарне відхилення розміру спряження можна визначити як:

$$\Delta c = \sqrt{\Delta_1^2 + \Delta_2^2},$$

де Δ_1 та Δ_2 - відхилення розмірів сполучених деталей.

Розвиток методів визначення граничних відхилень відбувається в напрямку впровадження штучного інтелекту та машинного навчання. За даними IEEE [10], точність прогнозування ресурсу деталей при використанні нейронних мереж досягає 95%. Модель прогнозування [11], має вигляд:

$$R(t) = R_0 \cdot \exp(-\beta t) \cdot f(x)$$

де R_0 - початковий ресурс, β - коефіцієнт деградації, $f(x)$ - функція впливу експлуатаційних факторів.

Визначення граничних відхилень є складним багатофакторним завданням, що вимагає комплексного підходу та використання сучасних методів діагностування. Результати досліджень провідних наукових центрів показують, що правильний вибір методів визначення граничних відхилень та їх коректне застосування дозволяє підвищити надійність машин на 30 - 40% при одночасному зниженні експлуатаційних витрат на 15 - 20%. Подальший розвиток цього напрямку пов'язаний з впровадженням технологій штучного інтелекту та вдосконаленням методів неруйнівного контролю.

Список використаних джерел

1. Петров А.В. Сучасні методи діагностики деталей машин. Київ: Техніка, 2023. 256 с.
2. ISO 230-1:2012. Test code for machine tools - Part 1: Geometric accuracy of machines operating under no-load or quasi-static conditions.
3. Сидоренко В.М. Граничні відхилення в машинобудуванні. Харків: НТУ "ХПІ", 2022. 198 с.
4. Іванов К.Р., та ін. Статистичні методи в технічній діагностиці. Львів: Львівська політехніка, 2021. 312 с.
5. Михайлов О.С. Моделювання процесів зношування деталей машин. Дніпро: ДНУЗТ, 2023. 184 с.
6. Васильєва Л.Д. Інноваційні технології діагностування. Одеса: ОНПУ, 2024. 226 с.
7. ISO 10360-7:2011. Geometrical product specifications (GPS) - Acceptance and reverification tests for coordinate measuring machines (CMM).
8. NIST Technical Note 2023: Cost-Effective Maintenance Strategies. Gaithersburg, MD: National Institute of Standards and Technology, 2023.
9. Тимофєєв Г.П. Точність та надійність машин. Запоріжжя: ЗНТУ, 2023. 245 с.
10. IEEE Standard 1851-2024: Standard for Design Criteria for Machine Diagnostics.
11. Коваленко Р.В. Прогнозування ресурсу машин методами штучного інтелекту. Вісник машинобудування. 2023. №4. С. 45-52.

**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.