

SCI-CONF.COM.UA

MODERN DIRECTIONS OF SCIENTIFIC RESEARCH DEVELOPMENT



**PROCEEDINGS OF I INTERNATIONAL
SCIENTIFIC AND PRACTICAL CONFERENCE
JULY 7-9, 2021**

**CHICAGO
2021**

MODERN DIRECTIONS OF SCIENTIFIC RESEARCH DEVELOPMENT

Proceedings of I International Scientific and Practical Conference

Chicago, USA

7-9 July 2021

Chicago, USA

2021

31.	Бурий А. Р. ВИКОРИСТАННЯ ЗАКОНУ СТЕФАНА БОЛЬЦМАНА ПРИ ПІДГОТОВЦІ УЧНІВ ДО АСТРОНОМІЧНОЇ ОЛІМПІАДИ.	192
32.	Варивончик Д. В. СИСТЕМА КЕРУВАННЯ ВИРОБНИЧИМИ БІОЛОГІЧНИМИ РИЗИКАМИ В ЗАКЛАДАХ ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я УКРАЇНИ.	202
33.	Гриценко Т. В., Наріжний О. О., Гриценко О. А. МЕТОДИ АНТИКОРОЗІЙНОГО ЗАХИСТУ ОБЛАДНАННЯ БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ.	211
34.	Гостева О. В. БИЗНЕС-КОММУНІКАЦІЯ КАК ИСКУССТВО САМОВЫРАЖЕНИЯ ЛИЧНОСТИ.	216
35.	Давиденко С. В. ПИТАННЯ ДОБРОЧЕСНОСТІ СУДДІВ У ПРАКТИЦІ ЄВРОПЕЙСЬКОГО СУДУ З ПРАВ ЛЮДИНИ.	225
36.	Дейнека С. Є., Сидорчук Л. І., Міхеев А. О., Сидорчук Р. І., Гаврилюк О. І., Бліндер О. О., Сидорчук І. Й. МІКРОБІОМ ПОРОЖНИНИ ТОВСТОЇ КИШКИ У ПАЦІЄНТІВ ІЗ СИНДРОМОМ ХРОНІЧНОЇ ВТОМИ.	235
37.	Димитров С. Г., Смутьська І. В., Руденко О. А. ПОПОВНЕННЯ НОВИМИ СОРТАМИ ТРИТИКАЛЕ ОЗИМОГО (TRITICOSECALE WITT.) РИНКУ УКРАЇНИ.	241
38.	Дмитрієва О. А., Алтухова Т. В. МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМИ ДІАГНОСТИКИ ЕЛЕКТРОДВИГУНІВ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ БАЙЄСІВСЬКОГО КЛАСИФІКАТОРУ.	245
39.	Заслужена А. А. СУБ'ЄКТИВНИЙ ОБРАЗ ПРОФЕСІЙНОГО МАЙБУТНЬОГО СТУДЕНТІВ ГУМАНІТАРНОГО ПРОФІЛЮ.	253
40.	Зеркіна О. О., Фомін Д. В. ШЛЯХИ ВДОСКОНАЛЕННЯ РЕГІОНАЛЬНОГО МЕХАНІЗМУ СПРИЯННЯ РОЗВИТКУ ЗОВНІШНЬОЕКОНОМІЧНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ПІДПРИЄМСТВ РЕГІОНУ.	257
41.	Игликов А. И. УПРАВЛЕНИЕ СЕБЕСТОИМОСТЬЮ ПРОДУКЦИИ НА ПРЕДПРИЯТИИ.	262
42.	Криськів М. Й. ВПЛИВ КОНТЕКСТУ НА ПОРЯДОК СЛІВ У РЕЧЕННІ.	266
43.	Коваленко М. П., Шипко С. О. ІСТОРИЧНІ ПЕРЕДУМОВИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ІННОВАЦІЙНО- ТЕХНОЛОГІЧНОГО РОЗВИТКУ ЕКОНОМІКИ УКРАЇНИ.	276
44.	Комаров В. А., Сендецкий Н. Н., Сащук С. И. АНАЛИЗ МЕТОДОВ И СРЕДСТВ ТЕХНИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКИ АВИАЦИОННОЙ ТЕХНИКИ.	282

**МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМИ ДІАГНОСТИКИ
ЕЛЕКТРОДВИГУНІВ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ
БАЙЄСІВСЬКОГО КЛАСИФІКАТОРУ**

Дмитрієва Ольга Анатоліївна

д-р техн. наук, професор

Алтухова Тетяна Володимирівна

асистент

Донецький національний технічний університет

м. Покровськ, Україна

Анотація: В роботі розглядається актуальне питання визначення технічного стану електрообладнання. Виконано розробку математичної моделі системи діагностики електродвигунів із використанням байєсівського класифікатора за умови безперервного контролю їх енергомеханічних показників, що дозволяє підвищити надійність та ефективність роботи електрообладнання та запобігти аварійних ситуацій. Отримані результати показали надійні і достовірні результати при порівнянні з емпіричними даними, що дозволить використовувати дану модель при формуванні графіків технічного обслуговування за умови існуючої системи планово-попереджувальних ремонтів на підприємствах та уникнути небажаних наслідків.

Ключові слова: математична модель, байєсівський класифікатор, діагностика, електродвигун, технічний стан

З розвитком науки і техніки оцінка технічного стану електромеханічного обладнання (ЕМО) є проблемою при його експлуатації на виробництві [1], основна задача якої є виявлення дефектів та несправностей обладнання.

Оперативна діагностика технічного стану ЕМО дозволяє раннє виявлення

несправностей з урахуванням простоїв, витрат на технічне обслуговування, надійності експлуатації та ефективності виробництва. Дослідження питання контролю і діагностики технічного стану електричних машин є значним [2-3].

Сучасний розвиток інформаційних технологій передбачає все більш актуальним використання інтелектуальних методів діагностики різноманітних систем, які потребують створення математичних моделей задля розуміння поведінки тієї чи іншої системи з урахуванням виявлення її несправностей та дефектів. До таких методів можна віднести статистичні методи. Моделі на їх основі на даний час використовуються в машинобудуванні [4-6], медицині [7], економіці [8], психології [9] та інших сферах, проте при побудові моделей діагностики технічного стану за умови безперервного контролю енергомеханічних параметрів є досить обмеженим.

Використання статистичних методів діагностики, що ґрунтуються на застосуванні інформаційних технологій, за умови використання енергомеханічних параметрів мають значні переваги, а саме, по-перше, дають змогу оцінити ймовірність наявності того чи іншого порушення в ЕМО при його експлуатації; по-друге, самі статистичні методи діагностування дозволяють враховувати різні ознаки незалежно від їх фізичної природи, так як характеризуються безрозмірними величинами, тобто ймовірностями їх виникнення; по-третє, ці методи дозволяють оцінити залишковий ресурс того чи іншого електрообладнання, тим самим запобігти виникнення можливих аварій, що викликають значні втрати через припинення роботи технологічного ланцюга.

Для розробки математичної моделі діагностики технічного стану електродвигунів (ЕД) було обрано статистичний метод Байєса, як більш ефективний в порівнянні з іншими. Дана модель характеризується визначенням множиною електродвигунів X та множиною кінцевої кількості класів їх технічного стану Y , в нашому випадку, відповідно, нормальна експлуатація, поточний ремонт, капітальний ремонт та повний вихід з ладу електрообладнання:

$$p(x, y) = P(y) \cdot p(x|y) \quad (1)$$

Де $P(y)$ – апіорні ймовірності заданих класів, $p(x|y)$ – функції правдоподібності зазначених класів [10].

Враховуючи це, виконано побудову структури моделі діагностики технічного стану (рис.1) за умови множини енергомеханічних параметрів $f_i(X)$ при $i=1,2,\dots,21$, до якої належать навантаження – P , κBm ; напруга – U , κB ; струм – I , A ; опір – R , MOm ; температура – t , $^{\circ}C$; швидкість обертання – n , $об./хв.$, при цьому ця множина відповідає певним режимам стану електродвигунів згідно класифікаційних ознак, та наступній умові віднесення множини X до відповідного класу Y_i :

$$f_j(X) > f_i(X), \quad \forall j \neq i \quad (2)$$

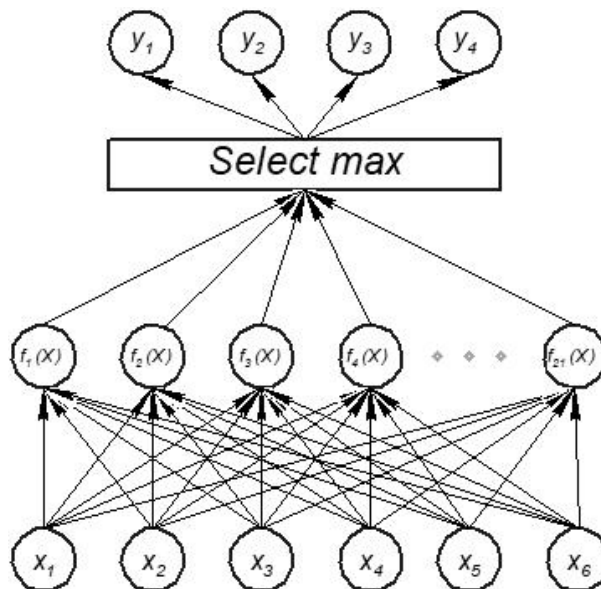


Рис. 1 Модель поточного контролю і діагностики технічного стану на основі байєсівського класифікатора

Позначення на рисунку 1: x_1-x_6 – характеристичні параметри; $f_1(X) - f_{21}(X)$ – можливі існуючі технічні стани ЕД; y_1-y_4 – кінцевий висновок по технічним станам: нормальна експлуатація, поточний ремонт, капітальний ремонт, повний вихід з ладу. Оптимізація моделі визначення діагнозів технічного стану (рис.1) забезпечувалося отриманням ймовірності, при якій є мінімальний ризик зробити помилку, згідно наступних критеріїв:

1. Визначення правдоподібності дозволяє отримати ймовірності подій

$x \in \Omega$ за умови X належить класу Y [10]:

$$P(\Omega|y) = \int_{\Omega} p_y(x) dx, \quad \Omega \subset X \quad (3)$$

2. Визначення мінімального середнього ризику:

$$\begin{aligned} R = & C_{11} \cdot p_1 \cdot \int_{X_1} f_x(X|y_1) dx + C_{22} \cdot p_2 \cdot \int_{X_2} f_x(X|y_2) dx + C_{33} \cdot p_3 \cdot \int_{X_3} f_x(X|y_3) dx \\ & + C_{44} \cdot p_4 \cdot \int_{X_4} f_x(X|y_4) dx + C_{12} \cdot p_1 \cdot \int_{X_2} f_x(X|y_1) dx + C_{13} \cdot p_1 \cdot \int_{X_3} f_x(X|y_1) dx + \\ & + C_{14} \cdot p_1 \cdot \int_{X_4} f_x(X|y_1) dx + C_{21} \cdot p_2 \cdot \int_{X_1} f_x(X|y_2) dx + C_{23} \cdot p_2 \cdot \int_{X_3} f_x(X|y_2) dx + \\ & + C_{24} \cdot p_2 \cdot \int_{X_4} f_x(X|y_2) dx + C_{31} \cdot p_3 \cdot \int_{X_1} f_x(X|y_3) dx + C_{32} \cdot p_3 \cdot \int_{X_2} f_x(X|y_3) dx + \\ & + C_{34} \cdot p_3 \cdot \int_{X_4} f_x(X|y_3) dx + C_{41} \cdot p_4 \cdot \int_{X_1} f_x(X|y_4) dx + C_{42} \cdot p_4 \cdot \int_{X_2} f_x(X|y_4) dx + \\ & + C_{43} \cdot p_4 \cdot \int_{X_3} f_x(X|y_4) dx \end{aligned} \quad (4)$$

де p_i – апіорна ймовірність того, що вектор x належить постпростору X_i при $i=1,2,3,4$ та $p_1 + p_2 + p_3 + p_4 = 1$; C_{ij} – вартість вирішення на користь y_i , коли істинним є y_j ; $f_x(X|y_i)$ – функція щільності умовної вірогідності [10]:

$$f_x(X|y_i) = \frac{1}{s \cdot \sqrt{2 \cdot p}} \cdot \exp \left[-\frac{(X_0 - \bar{X}_i)^2}{2 \cdot s^2} \right] \quad (5)$$

y_i – технічний стан електродвигунів.

Дослідження отриманої математичної моделі здійснювалося на електродвигунах 7 типів (ЕКВ4-140 – 35 шт., ЕКВ4-160-2 – 23 шт., ЕДКОФВ-51/4 – 38 шт., ЕДКОФВ-315М4 – 26 шт., ВАО62-4-У5 – 28 шт., ВАО2-280S44 –

31 шт., 2BP250S4 – 19 шт.), еталонні значення яких наведені на рисунку 2.

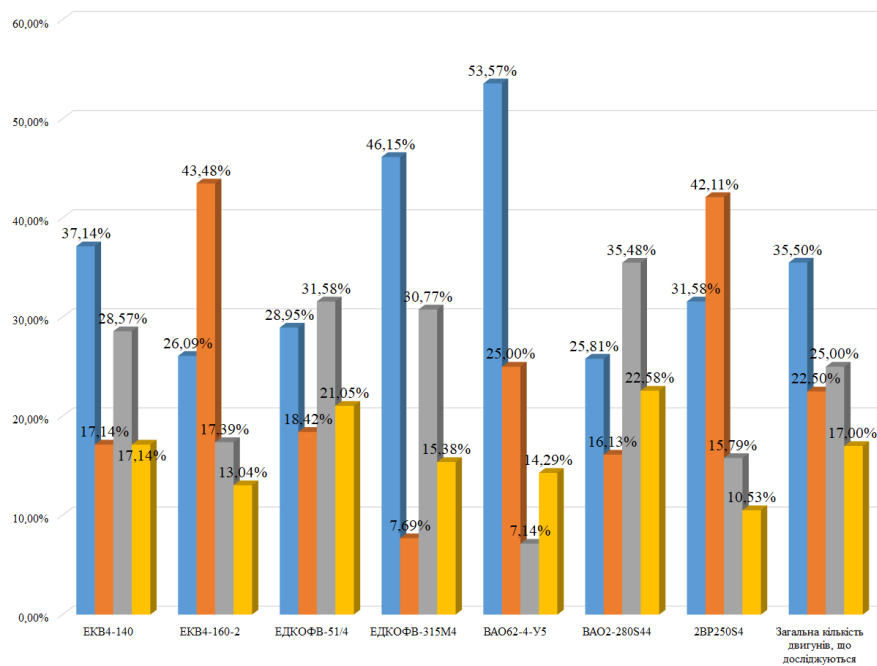


Рис. 2 Еталонні значення об'єктів контролю

В процесі виконання моделювання були отримані наступні результати, що зображені на рисунку 3.

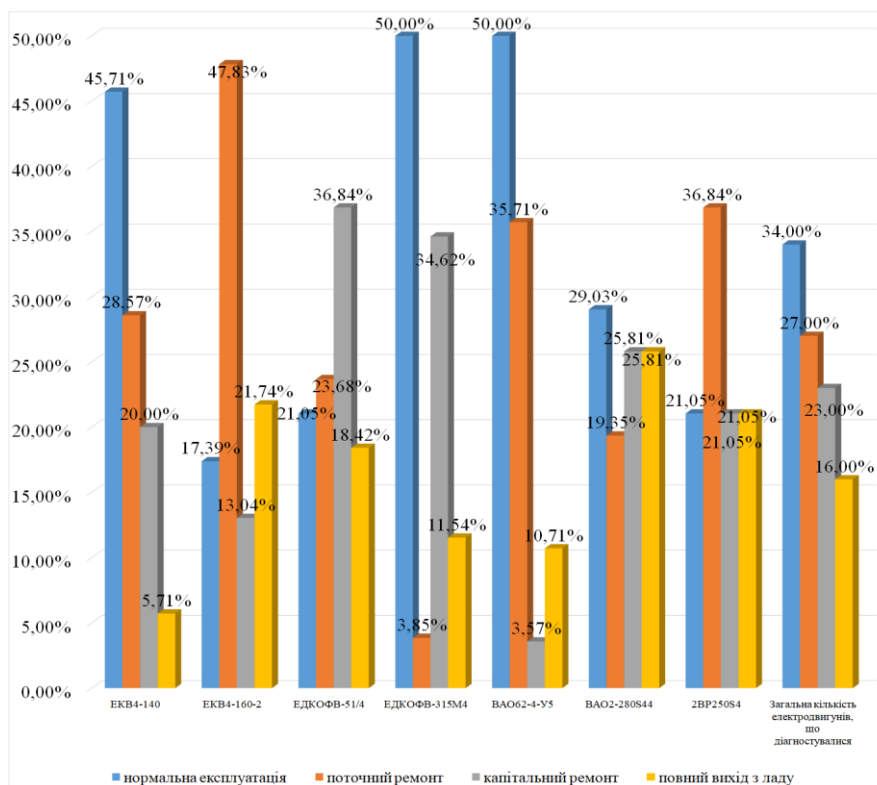


Рис. 3 Результати дослідження моделі на основі байєсівського класифікатору

При реалізації розробленої моделі були виявлені наступні відхилення від

еталонних значень, що зведені у таблиці 1 та зображені на рисунку 4. Отримані результати показали досить надійні і достовірні результати при порівнянні з еталонними значеннями, що дозволило визначити ефективність розробленої моделі.

Таблиця 1

Результати виконання моделювання процесу діагностики електричних двигунів в порівнянні з емпіричними даними

Тип електродвигунів	Відхилення від еталонних значень			
	нормальна експлуатація, %	поточний ремонт, %	капітальний ремонт, %	повний вихід з ладу, %
ЕКВ4-140	8,57%	11,43%	-8,57%	-11,43%
ЕКВ4-160-2	-8,70%	4,35%	-4,35%	8,70%
ЕДКОФВ-51/4	-7,89%	5,26%	5,26%	-2,63%
ЕДКОФВ-315М4	3,85%	-3,85%	3,85%	-3,85%
ВАО62-4-У5	-3,57%	10,71%	-3,57%	-3,57%
ВАО2-280S44	3,23%	3,23%	-9,68%	3,23%
2BP250S4	-10,53%	-5,26%	5,26%	10,53%
Загальна кількість двигунів, що досліджуються	-1,50%	4,50%	-2,00%	-1,00%

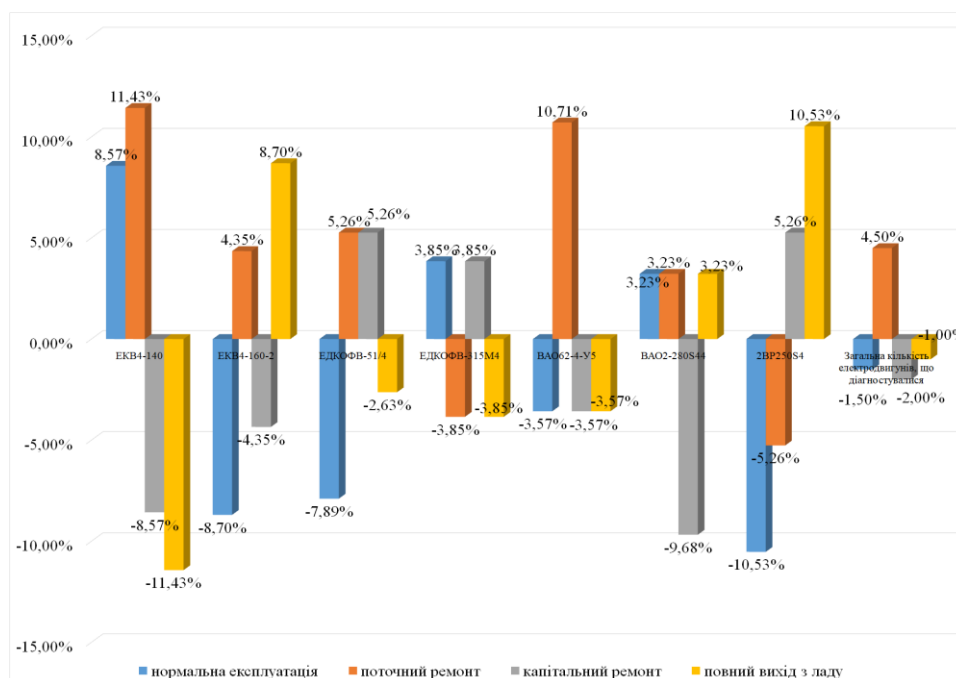


Рис. 4 Відхилення отриманих результатів дослідження від емпіричних значень

Висновок. Дослідження технічного стану електродвигунів на основі байєсівського класифікатора показало, що відхилення від еталонних значень при моделюванні становить не більше 11%, проте у випадку з типом ЕКВ4-140 ці показники трохи підвищені та складають $\pm 11,43\%$, однак на загальні результати це не впливає, так як середні відхилення не досягають і 6%. Таким чином, використання отриманої математичної моделі дозволить підвищити надійність та ефективність експлуатації електрообладнання за умови безперервного контролю енергомеханічних показників та уникнути значних економічних та енергетичних втрат на підприємствах.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Захаров О. Г. Поиск дефектов в релейно-контакторных схемах. М.: НТФ «Энергопресс», «Энергетик», 2010. С.96
2. A. K. S. Jardine, D. M. Lin, D. Banjevic. A review on machinery diagnostics and prognostics implementing condition-based maintenance. *Mechanical Systems and Signal Processing*, 2006, 20(7): 1483–1510.
3. Z. W. Gao, C. Cecati, S. X. Ding. A Survey of Fault Diagnosis and Fault-Tolerant Techniques Part I: Fault Diagnosis with Model-Based and Signal-Based Approaches. *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, 2015, 62(6): 3757–3767.
4. Фатеева, Н.Н. Применение метода Байеса в диагностике гидропневмоагрегатов / Н.Н. Фатеева // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Математичне моделювання в техніці та технологіях. – Харків: НТУ «ХПІ», 2013. – №37 (1010). – С. 200 – 206.
5. Цивінда, Н.І. Оцінка ефективності методів статистичного аналізу для діагностики станів ріжучої кромки пластин з КНБ при обробці високомарганцевих сталей / Н.І. Цивінда // Міжвузівський збірник «Наукові нотатки». – Луцьк, 2011. – №33. – С. 288 – 293.
6. C. C. Chen, B. Zhang, G. Vachtsevanos. Prediction of Machine Health Condition Using Neuro-Fuzzy and Bayesian Algorithms. *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, 2012, 61(2): 297–306.

7. Стрюков, Р.К. Краткий обзор некоторых математических методов решения задачи медицинской диагностики / Р.К. Стрюков // International Scientific Journal. Технические науки, 2016. – № 3. – С. 87 – 88.

8. Іванов, Р.В. Класифікація потенційних позичальників на основі статистичних методів діагностики / Р.В Іванов // Вісник Дніпровського університету. Серія «Економіка». – 2009. – Вип. 3(2). – С. 127 – 133.

9. Wagenmakers, E.-J. Bayesian inference for psychology. Part I: Theoretical advantages and practical ramifications. / E.-J. Wagenmakers, M. Marsman, T. Jamil et al // Psychon Bull. – 2018. – vol. 25. – P. 35 – 57.

10. Саймон Хайкин. Нейронные сети: полный курс, 2-е издание.: Пер. с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2006. – 1104 с.