

## **Висновки**

Використання автоматизованого обладнання для приготування бетону забезпечує підвищення ефективності змішувача та якості бетону. Автоматизовані системи дозування та змішування забезпечують точне та стабільне виготовлення бетону, що веде до підвищенні продуктивності. Інтелектуальні системи управління забезпечують віддалений моніторинг і дистанційне керування, що значно спростить ведення контролю над процесом роботи та підвищить безпеку роботи.

## **Література**

1. Rudyk R., Kuzub Yu (2022). Justification of new equipment development for preparing concrete solutions. Academic journal. Industrial Machine Building, Civil Engineering, 1 (59), 11-16. <https://doi.org/10.26906/znp.2022.58.3077>
2. Inga Emeljanova, Viktor Virchenko, Denys Chayka (2018). Wet Shotcrete Process Using a New Set of Small-Sized Equipment for Concreting Formless Computer Simulation. International Journal of Engineering & Technology, 7 (3.2) 97-101. <https://doi.org/10.14419/ijet.v7i3.2.14382>

## **МЕТОД ОПТИМІЗАЦІЇ ПЛАНУ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ СУДНОВИХ ТЕРМО-ЕЛЕКТРИЧНИХ ГЕНЕРАТОРІВ**

**Грицук Ігор Валерійович**, док. техн. наук, професор каф. ЕСЕУ

Херсонська державна морська академія,

e-mail: [griksuk\\_iv@ukr.net](mailto:griksuk_iv@ukr.net), <https://orcid.org/0000-0001-7065-6820>

**Головань Андрій Ігорович**, канд. техн. наук, доцент каф. СМБ,

Одеський національний морський університет,

e-mail: [g.onmu@ukr.net](mailto:g.onmu@ukr.net), <https://orcid.org/0000-0001-6589-4381>

**Гончарук Ірина Павлівна**, канд. техн. наук, доцент каф. СМБ,

Одеський національний морський університет,

e-mail: [h.onmu@ukr.net](mailto:h.onmu@ukr.net), <https://orcid.org/0000-0002-5306-4206>

На морських суднах допоміжним джерелом електроенергії, за різних умов експлуатації, може бути як генератор на гребному валу, дизель-генератор, так і термоелектричні генератори (ТЕГ). ТЕГ відіграють ключову роль, як допоміжне джерело електроенергії на морських суднах, проте їх надійність та ефективність вимагають систематичного технічного обслуговування.

Автоматизована система моніторингу стану – з її потенціалом економії коштів у порівнянні зі звичайною системою – вже була показана в роботах [1] на прикладі системи індикації енергоспоживання для суховантажного судна. Система (ViTherGen) визначається як така, що складається з бортової мережі

датчиків з системою контролю електричних параметрів ТЕГ на кожному осередку ТЕГ і блоку індикації на навігаційному містку.

Метод Монте Карло використовується для моделювання різних сценаріїв роботи термоелектричних генераторів та визначення оптимальної частоти контролю їх технічного стану. Метод дозволяє оптимізувати план технічного обслуговування термоелектричних генераторів, зменшуючи кількість непотрібних перевірок та ремонтів, а також підвищує ефективність експлуатації судна за рахунок своєчасного виявлення та усунення дефектів.

Після введення основних параметрів для вимірювання системи необхідно оцінити найкращий час для вимірювання. Це особливо важливо для дискретних вимірювань, які є знімками поточного стану системи за певні проміжки часу. Для використання у системі ViTherGen з метою зменшення впливу зовнішнього тепловиділення рекомендується враховувати температуру ТЕГ для отримання найбільш надійних вимірювань електричної опірності ізоляції.

Щоб забезпечити достовірність вимірювання опору ізоляції ( $IR_m$ ) і врахувати вплив температури, необхідна температурна компенсація. Метод прямого вимірювання передбачає вимірювання інших параметрів роботи ТЕГ, які демонструє відтворюваний і чіткий зв'язок з ( $IR_m$ ). Такі параметри повинні бути практично вимірюваними, наприклад, напруга ( $V$ ), струм ( $I$ ) і градієнт температури ( $\Delta T$ ). Однак, оскільки зв'язок між параметрами роботи ТЕГ і ( $IR_m$ ) часто залежить від температури, дуже важливо також вимірювати температуру ТЕГ. Залежність ( $f_\tau^d$ ) де ( $d$ ) вказує на прями вимірювання, а ( $\tau$ ) на температурний параметр, між виміряними параметрами ТЕГ та ( $IR_m$ ) може бути збережена в системі, тобто:

$$IR_m = f_\tau^d(V, I, \Delta T), \quad (1)$$

Неточності в системі вимірювання опору ізоляції ТЕГ виникають насамперед через складність точного визначення функції  $f_\tau^d$ , яка характеризує зв'язок між вимірюваними параметрами роботи ТЕГ та ( $IR_m$ ). Точне визначення характеристик за всіх можливих умов, включаючи варіації напруги, струму, температури і температурного градієнту, є складним завданням, оскільки поведінка ТЕГ сильно залежить від зовнішніх умов. Більша варіативність практичних умов використання може призвести до зниження точності, оскільки отримання  $f_\tau^d$  для всіх можливих умов є складним завданням. Крім того, поведінка ТЕГ змінюється з використанням і старінням, що ускладнює отримання точних значень  $f_\tau^d$  для різних ТЕГ. Адаптивні системи вимірювання і контролю, на кшталт ViTherGen, можуть бути краще пристосовані для врахування старіння і деградації ТЕГ [2].

Попередня обробка даних є критично важливим кроком у забезпеченні точності та надійності вимірювання опору ізоляції ТЕГ [3]. Наприклад, суттєве збільшення опору ізоляції ТЕГ може вказувати на відхилення або аномалію в даних. Варто зазначити, що оскільки на опір ізоляції ТЕГ впливає температура

навколишнього середовища, то при підвищенні температури навколишнього середовища або системи може бути зафіксоване нижче значення опору ізоляції ТЕГ. Цей ефект особливо помітний для малих середніх втрат опору ізоляції ТЕГ, і навіть незначні неточності в температурній компенсації можуть призвести до збільшення еталонного значення опору ізоляції ТЕГ ( $IR_{m,ref}$ ). У цьому сценарії значення ( $IR_{m,ref}$ ) з попереднього вимірювання на ( $SCV - 1$ ) розглядається як верхня межа еталонного значення для нового вимірювання. Тому розрахунок виконується наступним чином:

$$IR_{m,ref} = \min(IR_{m,ref}(SCV - 1), IR_{m,ref}) \quad (2)$$

Припускається наявність даних з температурною компенсацією, де оцінюється лише опір ізоляції ТЕГ ( $IR_{m,ref}$ ) – нормалізований до змодельованих умов навколишнього середовища у тропічних умовах – вологість 100 % і температура повітря 35 °C. Узгодженість умов експлуатації забезпечується шляхом порівняння вимірювань опору ізоляції ТЕГ, отриманих за аналогічних умов в один і той же час до відходу судна від причалу. Таким чином, на етапі попередньої обробки вже враховані різні сценарії експлуатації, і їх вплив на розробку моделей прогнозування є несуттєвим.

Враховуючи вимоги до надійного методу прогнозування для порівняння було обрано два різні методи: метод середнього значення та регресійний метод. Основна концепція методу середнього значення полягає у визначенні середнього значення деградації ( $\bar{d}_a$ ) шляхом взяття суми всіх значень приростів деградації опору ізоляції ТЕГ ( $d_i$ ) до  $SVG_a$  та обчислення їхнього середнього значення. З іншого боку, метод регресії використовує лінійну регресію для прогнозування деградації опору ізоляції ТЕГ на основі кумулятивної кількості циклів, при цьому нахил лінії регресії представляє швидкість деградації. Ці методи будуть оцінюватися на основі їх здатності точно прогнозувати час виходу з ладу, стійкості до викидів і здатності надавати своєчасні прогнози, які не перевищують EOL системи.

Моделювання базується на фіксованому пороговому значенні для запуску подальших дій з технічного обслуговування. Як показано в Таблиці 1, методи прогнозування майже завжди передбачають середню похибку прогнозу або EOL. Для того, щоб автоматизована система ViTherGen моніторингу стану ТЕГ була найбільш ефективною, необхідно мінімізувати запас міцності для заходів з технічного обслуговування.

Приклад сценарію передбачає середньодобову втрату опірності ізоляції ТЕГ і стандартне відхилення 30  $\Omega/day$ , з циклом зчитування 6 SVC що призводить до значення  $P_{96}$  на рівні 1 SVC. Це означає, що існує 4% ймовірність того, що прогнозований EOP відхилиться більше ніж на 1 SVC від фактичного EOL. Щоб уникнути ймовірності передчасного виходу з ладу до планового технічного обслуговування, профілактичне ТО ( $MT_p$ ) повинно враховувати цей 1 SVC, як правило, встановлюючи його на рівні, що забезпечує достатній запас надійності:

$$MT_p = MT_m + \frac{P_{96}}{u_m} \cdot \bar{d}_a, \quad (3)$$

де  $MT_m$  - максимально допустимий поріг деградації, визначений виробником,  $u_m$  - місячне використання та  $\bar{d}_a$  - середня щомісячна деградація системи.

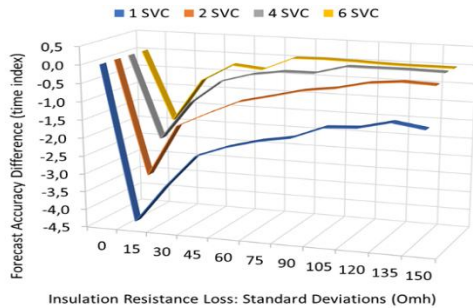


Рисунок 1 – Точність прогнозів: Різниця між  $(A_f^{avg} - A_f^{reg})$

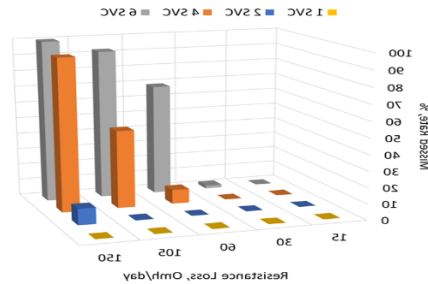


Рисунок 2 – Порівняння частоти пропусків для різних параметрів деградації

Таблиця 1 – Розрахунок показників ефективності ТО (Метод середнього значення)

IR Loss, $\Omega/\text{day}$	1 SVC		2 SVC		4 SVC		6 SVC	
	$R_{mf} \%$	$P_{96}$	$R_{mf} \%$	$P_{96}$	$R_{mf} \%$	$P_{96}$	$R_{mf} \%$	$P_{96}$
15	0,0	1	0,0	6	0,0	6	0	2
30	0,0	1	0,0	6	0,0	5	1,8	1
60	0,0	1	0,0	5	8,8	3	68,8	0,5
105	0,0	1	0,32	4	48,4	0,8	92,5	0,1
150	0,0	1	10,1	2	94,6	0,1	100,0	-

На прогностичну спроможність системи ViTherGen впливають наступні фактори: загальна точність прогнозування, показник пропущених відмов значно збільшується при меншій частоті вимірювань і вищій середньодобовій деградації ізоляції, що в кінцевому підсумку призводить до найгіршого сценарію, коли 100% передчасних відмов відбуваються до першої точки контролю опірності ізоляції ТЕГ.

Надійного прогнозу відмов з незначними змінами в точності прогнозування можна досягти, проводячи оцінку опірності ізоляції ТЕГ двічі на місяць або кожний SVC, відповідно, з урахуванням базового використання.

### Висновки

В результаті проведених досліджень було визначено оптимальну частоту вимірювань, яка забезпечить найкращу точність прогнозування, враховуючи при цьому необхідні інвестиційні витрати.

### Література

1. Golovan, A.; Gritsuk, I.; Honcharuk, I. Reliable Ship Emergency Power Source: A Monte Carlo Simulation Approach to Optimize Remaining Capacity Measurement Frequency for Lead-Acid Battery Maintenance. SAE Int. J. Elec. Veh. 2024, 13(2) <https://doi.org/10.4271/14-13-02-0009>.

2. Sasa, K.; Chen, C.; Fujimatsu, T.; Shoji, R.; Maki, A. Speed Loss Analysis and Rough Wave Avoidance Algorithms for Optimal Ship Routing Simulation of 28,000-DWT Bulk Carrier. *Ocean Engineering* 2021, 228, 108800. <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2021.108800> .

3. Schröer, C.; Kruse, F.; Gómez, J. M. A Systematic Literature Review on Applying CRISP-DM Process Model. *Procedia Computer Science* 2021, 181, 526–534. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2021.01.199> .

## **ОГЛЯД МОЖЛИВОСТІ ВИРОБНИЦТВА СКЛАДОВИХ ДВЗ В УКРАЇНІ НА ПРИКЛАДІ МАЛОЛІТРАЖНОГО ВИСОКООБЕРТОВОГО ДИЗЕЛЯ**

**Грицюк Олександр Васильович**, д.т.н., проф., професор каф. ДВЗ,  
Харківський національний автомобільно-дорожній університет,  
e-mail: [dthkbd@ukr.net](mailto:dthkbd@ukr.net), ORCID: [0000-0002-5596-6254](https://orcid.org/0000-0002-5596-6254)

**Кузьменко Анатолій Петрович**, канд. техн. наук, доц., доцент каф. ДВЗ,  
Харківський національний автомобільно-дорожній університет,  
e-mail: [kuzmatolja@gmail.com](mailto:kuzmatolja@gmail.com), ORCID: [0000-0002-4029-4010](https://orcid.org/0000-0002-4029-4010)

**Лазченко Богдан Олексійович**, головний технолог відділу головного  
конструктора, ДП «Завод імені В.О. Малишева»,  
e-mail: [lazcenkobogdan@gmail.com](mailto:lazcenkobogdan@gmail.com)

**Копилов В'ячеслав Володимирович**, керівник підприємства,  
«Харківський центр ПроМотор»,  
e-mail: [wsh7@promotor.com.ua](mailto:wsh7@promotor.com.ua)

**Жуков Олександр Сергійович**, здобувач бакалавтури каф. ЗЕФІЗтаКР  
ім. Б.М.Літвинова, Державний біотехнологічний університет,  
e-mail: [drag0nangel@meta.ua](mailto:drag0nangel@meta.ua)

На сьогоднішній день така підгалузь машинобудування України як двигунобудування перебуває у дуже складному становищі. В першу чергу це пов'язано з тим, що не спрацював жодний із існуючих механізмів залучення у цю галузь державних інвестиційних ресурсів.

Найбільш конкретним прикладом є вітчизняне малолітражне дизелебудування. Україна завжди мала та продовжує мати потребу в малолітражних дизелях, однак жодна зі спроб прискореного створення такого дизеля не набула широкого впровадження у масове виробництво.

Українське малолітражне дизелебудування створило й довело до серійного виготовлення, але малими партіями, вітчизняні малолітражні дво- та чотирициліндрові дизелі народногосподарського призначення, а саме: V-подібні дизелі Ч 8,2/8,8 серії СМД (СМД-900 і СМД-1800) з робочим об'ємом одного циліндра  $V_h = 0,464 \text{ дм}^3$ , з безпосереднім упорскуванням палива і рядні дизелі Ч 7,9/8,2 серії ДТ (2ДТ, 2ДТМ, 2ДТХ і 4ДТС) з робочим об'ємом циліндра  $V_h = 0,402 \text{ дм}^3$  і вихорокамерним сумішоутворенням.