

УДК 621.311

## ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ ЕНЕРГЕТИЧНОГО ОБЛАДНАННЯ В УМОВАХ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

**Сметанкіна Н.В., д.т.н., ст. наук. співроб.**

*Інститут проблем машинобудування ім. А.М. Підгорного НАН України*  
nsmetankina@ukr.net

*Проведено аналіз інформації щодо пошкодження енергетичного обладнання. Запропоновано методи підвищення надійності обладнання за рахунок комплексу методів, що реалізуються в умовах експлуатації.*

*Ключові слова: надійність, пошкодження, статистичні методи.*

Однією з основних проблем сучасної та перспективної діяльності електроенергетики є швидке наростання зносу обладнання [1–5]. Для підтримки надійності потрібне проведення ремонтів та технічного обслуговування. Світовий досвід показує, що діагностика стану, усунення виявлених дефектів, заміна та реконструкція окремих вузлів вимагають значно менших витрат порівняно із введенням нових потужностей. Удосконалення ремонтів та технічного обслуговування обладнання на основі аналізу його пошкодження є одним з ефективних напрямків підвищення надійності та зниження експлуатаційних витрат [6]. Однією з важливих умов, що забезпечують можливість зміни існуючих підходів до ремонту обладнання, має бути виключення великої кількості непланових ремонтів, спричинених низькою надійністю окремих вузлів обладнання. Досвід експлуатації та ремонту дозволяє виявляти конструктивні недоліки, властиві конкретним типорозмірам обладнання. Узагальнення таких даних використовується заводами-виробниками при розробці нового або реконструкції існуючого обладнання.

Аналіз робіт з дослідження надійності [7, 8] показав, що більшість робіт містить інформацію щодо відмов, що відбулися в процесі експлуатації, у невеликій кількості робіт представлена інформація щодо пошкоджень, виявлених при ремонті. Враховуючи недосконалість системи збирання інформації, частина її може бути не відображена в офіційних документах (за відмовами та дефектами, виявленими в процесі ремонту) Відсутня узагальнена інформація з причин пошкоджень обладнання; недостатньо інформації щодо допоміжного обладнання турбоустановки. Практично відсутня інформація щодо пошкоджень, узагальнена за даними експлуатації та ремонту. Необхідно виконати збір та аналіз інформації з усього обладнання турбоустановки із залученням даних офіційної статистики щодо відмов, даних щодо пошкоджень, виявлених у ремонт, інформації за даними експлуатаційного та ремонтного персоналу. Аналіз надійності всього устаткування необхідно виконати з урахуванням єдиного підходу. На основі такого аналізу необхідно визначити елементи, що лімітують та визначають надійність паротурбінних установок.

Фізичний ресурс обладнання обмежується лише станом металу та зварних з'єднань. За результатами статистичного аналізу показано, що найбільший внесок у загальну пошкоджуваність енергетичного обладнання вносять руйнування зварних конструкцій. При цьому зіставлення коефіцієнтів запасу за тривалою міцністю і статистикою пошкоджень показує повну відсутність будь-якого зв'язку. Наголошується, що існуючі методи дослідження надійності як у нашій країні, так і за кордоном все більше не задовольняють вимогам практики та рівню технології виробництва, оскільки дуже часто і набагато розходяться прогнольні оцінки та реальні значення показників надійності.

Найчастіше використовуються статистичні методи дослідження. При цьому методологія отримання кінцевих результатів про надійність виробів відповідно до вірогідної (статистичної) теорії полягає в наступному. З випробувань чи експлуатації отримують статистику відмов виробів. Далі, використовуючи відомі статистичні критерії згоди, вибирають найбільш відповідну модель розподілу випадкових величин, яка розроблена в теорії ймовірностей (експоненційна, нормальна, Вейбулла, логарифмічна та ін.), і приймають її як теоретичну модель розподілу ймовірностей безвідмовної роботи (моделі надійності), виходячи з якої визначають необхідні кількісні показники надійності. Оцінка надійності систем здійснюється шляхом обчислення ймовірностей працездатних станів елементів. Статистичні методи оцінки надійності, що увійшли до основних нормативних матеріалів, недостатньо ефективні при оцінці надійності нових високонадійних або одиничних виробів, що знаходяться в експлуатації, тобто там, де нечисленна або взагалі відсутня статистика відмов. Достовірну інформацію можна отримати на основі вивчення механічних і хімічних властивостей та деяких фізичних параметрів виробів, що характеризують технічний стан останніх, з використанням імовірнісних методів. У цьому випадку методологія встановлення кількісних показників надійності на підставі вивчення певних фізичних параметрів, що характеризують технічний стан виробів, полягає у виявленні кінетичних закономірностей деградаційних процесів (побудова математичних моделей процесів деградації) та визначенні аналітичного зв'язку цих закономірностей з показниками надійності. Принципово важливим є розкриття механізмів відмов та їх впливом геть надійність виробів. Одержувані при такому підході моделі є неповними і поширення результатів отриманої таким чином моделі навіть на аналогічний об'єкт, але в іншому режимі може мати лише якісний характер.

Пропонується комплексний підхід до збору та обробки інформації щодо надійності роботи енергетичного обладнання, а також методика визначення основних елементів, що регламентують надійність конкретного агрегату на основі статистичного аналізу даних експлуатації паротурбінних установок. Аналіз надійності будується на інформації про пошкодження, що спричинили відмови обладнання, пошкодження, що виявляються при виконанні планових ремонтів обладнання, а також на даних про неполадки в роботі обладнання, що виявлялися в процесі експлуатації паротурбінних установок. Як вихідна інформація використовуються: акти відмов обладнання, ремонтна

документація, звітна експлуатаційна документація, інформація, одержувана системами технологічного моніторингу, а також інформація, одержувана методом експертних оцінок від технічних фахівців, які займаються експлуатацією та ремонтом обладнання паротурбінних установок на електростанціях.

У роботі на основі аналізу інформації щодо пошкодження в умовах експлуатації обладнання запропоновано методику підвищення надійності вузлів турбіни та допоміжного обладнання, що лімітують надійність паротурбінної установки, аналізу їх ефективності та розробки пропозицій щодо вдосконалення ремонту.

### Список використаних джерел

1. Сметанкіна Н. В., Мисюра С. Ю., Линник А. В. Влияние предварительно напряженного состояния на частоты несущих конструкций гидротурбин. Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Динаміка і міцність машин. 2018. Т.1, № 38. С. 42–48.
2. Гонтаровський П. П., Сметанкіна Н. В., Гармаш Н. Г., Глядя А. А., Клименко Д. В., Сиренко В. Н. Дослідження напружено-деформованого стану паливного бака вафельної конструкції ракети-носія. Проблеми обчислювальної механіки і міцності конструкцій. Дніпро, 2019. Вип. 29. С. 91–102.
3. Malykhina A. I., Merkulov D. O., Postnyi O. V., Smetankina N. V. Stationary problem of heat conductivity for complex-shape multilayer plates. Bulletin of V.N. Karazin Kharkiv National University. Series “Mathematical modeling. Information technology. Automated control system”. 2019. Vol. 41. P. 46–54.
4. Misura S., Smetankina N., Misiura Ie. Optimal design of the cyclically symmetrical structure under static load. Lecture Notes in Networks and Systems. Integrated Computer Technologies in Mechanical Engineering-2020. Springer: Cham, 2021. Vol. 188. P. 256–266.
5. Smetankina N., Semenets O., Merkulova A., Merkulov D., Misura S. Two-stage optimization of laminated composite elements with minimal mass. Smart Technologies in Urban Engineering. STUE-2022. Lecture Notes in Networks and Systems. Springer, Cham, 2023. Vol. 536. P. 456–465.
6. Adamkiewicz A., Drzewieniecki J. Service and maintenance of marine steam turbogenerators with the assistance of vibration diagnostics. Polish Maritime Research. 2013. Vol. 20, Issue 1. P. 31–38.
7. Mayadevi N., Vinodchandra S. S., Ushakumari S. A review on expert system applications in power plants. 2014. International Journal of Electrical and Computer Engineering. 4(1). P. 116–126.
8. Sendhil Kumar S., Senthil Kumar M. Condition monitoring of rotating machinery through vibration analysis. 2014. Journal of Scientific and Industrial Research. 73(4). P. 258-261.