

СЕКЦІЯ 4.

ТЕХНІЧНІ НАУКИ

Сметанкіна Н.В.

доктор технічних наук, професор
завідувач відділу вібраційних і термоміцнісних досліджень,
*Інститут проблем машинобудування
ім. А.М. Підгорного НАН України,
м. Харків, Україна*

Місюра С.Ю.

кандидат технічних наук,
старший викладач
кафедри математичного моделювання та
інтелектуальних обчислень в інженерії,
*НТУ «ХПІ»
м. Харків, Україна*

Місюра Є. Ю.

кандидат технічних наук,
доцент кафедри вищої математики та
економіко-математичних методів,
*Харківський національний економічний університет
ім. С. Кузнеця
м. Харків, Україна*

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ОЦІНКИ НАДІЙНОСТІ ЕНЕРГЕТИЧНОГО ОБЛАДНАННЯ В УМОВАХ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

Старіння енергетичного обладнання супроводжується
зниженням його надійності, зростанням кількості ушкоджень [1–4].



Необхідно забезпечити надійність експлуатації обладнання незалежно від його напрацювання [5–8]. Для підтримки надійності потрібне проведення ремонтів та технічного обслуговування. Удосконалення ремонтів та технічного обслуговування обладнання на основі аналізу його пошкодження є одним з ефективних напрямків підвищення надійності та зниження експлуатаційних витрат [9]. 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.

Виконання ремонтів обладнання та моніторинг його стану – важливий напрямок забезпечення надійності. Пошук заходів щодо підвищення надійності паротурбінних установок, що знаходяться в експлуатації, повинен виконуватись на основі аналізу статистики пошкоджень однотипного обладнання, аналізу надійності роботи аналогічних вузлів обладнання різних типорозмірів, результатів діагностування елементів обладнання у процесі експлуатації та ремонту [10, 11].

Метою роботи є розробка методики математичного моделювання для оцінки надійності енергетичного обладнання при експлуатації. Математичне моделювання включає побудову комплексної системи моніторингу стану обладнання енергоблоку, яку доцільно проводити на основі комплексного підходу, що є частиною системного аналізу. При цьому реалізується єдиний підхід до розробки системи моніторингу для всіх елементів обладнання, що базується на низці таких положень: модульність та послідовності реалізації; орієнтація на існуючу в умовах експлуатації енергетичного обладнання



схему вимірів; експлуатаційний та ремонтний моніторинг; діагностування дефектів обладнання або вузла, інформацію про які отримано за результатами статистичного аналізу пошкоджуваності.

Розрахункові методики діагностики засновані на використанні математичних моделей процесів та статистики пошкоджуваності. Найбільш застосовані та відпрацьовані методики розрахунку термонапруженого стану високотемпературних деталей турбін та накопичення в них малоциклової втоми [1, 6]. Дані, отримані у підсистемі діагностики, є основою вирішення прогностичних завдань. Прогнозування може проводитися різними методами: розрахунковими, як наприклад, розрахунок залишкового ресурсу металу трубопроводів; оптимізаційними (оптимізація термінів чищення конденсаторів та мережевих підігрівачів, заміни трубних пучків теплообмінних апаратів); імовірнісними, заснованими, наприклад, на теорії марківських ланцюгів, наприклад, загалом для всієї складної системи, що складається з підсистем та елементів із вбудованими функціями контролю.

Алгоритм системи моніторингу обладнання включає такі етапи: обґрунтування доцільності розробки модуля на основі аналізу статистичної інформації щодо відмов елемента обладнання з урахуванням особливостей та методів його ремонту; визначення основної функції вузла обладнання; формулювання параметрів якості, що характеризують якість виконання елементом основної функції; визначення параметрів, які потрібно контролювати для оцінки стану обладнання; визначення умов працездатності даного елемента та обладнання, що відповідають вимогам експлуатаційних інструкцій та нормативних експлуатаційних документів; формулювання відмов, які можуть статися при виході



параметрів якості за межі області умов працездатності; визначення межі працездатності обладнання, що виражається конкретними значеннями параметрів якості і під час створення модуля моніторингу може бути критерієм порушення працездатності устаткування.

Наближення значень параметрів якості до межі працездатності показує необхідність виконання обґрунтування ремонту обладнання або вжиття заходів експлуатаційного характеру. Як критерій щодо пріоритетних напрямів підвищення надійності устаткування пропонується застосовувати питому величину витрат за підвищення загальної надійності обладнання. Отримані результати можуть бути використані для створення бази даних за дефектами, що є причинами відмов та пошкоджень основних вузлів турбін, визначення впливу окремих дефектів на надійність турбіни, визначення ресурсу вузлів турбіни, оцінки доцільності ремонту, формування обсягів ремонту, а також при розробці систем моніторингу та діагностики. Отримана та узагальнена у виконаному дослідженні інформація необхідна розробникам нових турбін для забезпечення їх ремонтопридатності.

Список використаних джерел:

1. Сметанкіна Н. В., Мисюра С. Ю., Линник А. В. Влияние предварительно напряженного состояния на частоты несущих конструкций гидротурбин. Вісник НТУ «ХП». 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. Smetankina N., Malykhina A., Merkulov D. Simulating of bird strike on aircraft laminated glazing. MATEC Web of Conferences. 2019. Vol. 304. P. 01010-01016.

5. Smetankina N.V., Postnyi O.V., Merkulova A.I., Merkulov D.O. Modeling of non-stationary temperature fields in multilayer shells with film heat sources. In: 2020 IEEE KhPI Week on Advanced Technology (KhPIWeek). 2020. P. 242–246.

6. 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.

7. Smetankina N., Merkulova A., Merkulov D., Misura S., Misiura Ie. Modelling thermal stresses in laminated aircraft elements of a complex form with account of heat sources. ICoRSE 2022. Lecture Notes in Networks and Systems. 2023. Vol. 534. Springer, Cham. P. 233–246.

8. 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.

9. 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.



*Матеріали XXXII-ої Міжнародної науково-практичної конференції
(07 травня 2023 року, м. Відень (Австрія), дистанційно)*

10. 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.

11. 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.

