

УДК 539.3: 536.21

## ОЦІНКА ЕКСПЛУАТАЦІЙНОГО РЕСУРСУ БАРАБАНА КОТЛОАГРЕГАТА ЕНЕРГОБЛОКУ ТЕС, ПОШКОДЖЕНОГО ПРИ ЙОГО ЕКСПЛУАТАЦІЇ

Богдан Дробенко, Степан Будз

*Інститут прикладних проблем механіки і математики  
ім. Я.С. Підстригача НАН України*

drobenko@ukr.net

Барaban котлоагрегату енергоблоку ТЕС, як джерело теплової енергії, продукує пару високої температури і є одним із головних елементів енергоблоку ТЕС (див. рис. 1). Барaban працює за умов високого тиску, підвищеної температури, повторно змінних циклічних навантажень, впливу корозійно-активного середовища, водно-парової суміші.

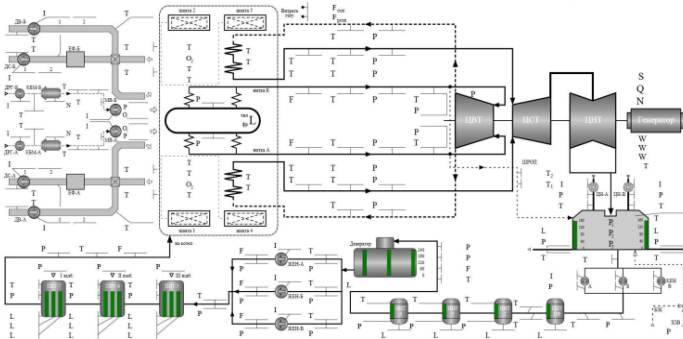


Рис. 1 Принципова схема енергоблоку

Оцінку залишкового ресурсу барабана виконують шляхом визначення його стану за рівнем накопиченої пошкоджуваності металу. Під час обчислення накопиченої пошкоджуваності барабана розглядають різні режими його промислової експлуатації. В даному випадку це стаціонарний режим з повільним коливанням температури робочого середовища навколо температури експлуатації (т.зв. термоцикування); режим планових пусків-зупинок; гідравлічних випробувань та аварійних зупинок.

Точність оцінки залишкового ресурсу барабана істотно залежить від достовірних даних щодо максимальних напружень в металі барабана за різних режимів його експлуатації.

Для оцінювання складного об'ємного напружено-деформованого стану барабану і залишкового експлуатаційного ресурсу загалом будуємо методику комп'ютерного моделювання процесів деформування барабана за різних режимів його експлуатації з використанням методу скінченних елементів [1]. Для кожного із вищезгаданих режимів роботи барабана проводимо оцінку його напружено-деформованого стану, отримуємо амплітуду зміни напружень  $\sigma_a = 0,5|\sigma_{\max} - \sigma_{\min}|$  у кожній точці барабана і в кожен момент часу зі співвідношення [2]

$$\sigma_a = \frac{aE_T}{n(4N)^{m_1}} + \frac{b}{n(4N)^{m_2} + \frac{1+r}{1-r}}, \quad (1)$$

визначаємо максимально допустиму кількість циклів  $N$  з максимальною амплітудою  $\sigma_a$  зміни напружень в барабані протягом циклу розглядуваного режиму роботи. Тут  $r = \sigma_{\min} / \sigma_{\max}$  – коефіцієнт асиметрії навантаження;  $\sigma_{\min}$  та  $\sigma_{\max}$  – відповідно мінімальні і максимальні напруження розглядуваного циклу навантаження;  $E_T$  – модуль пружності за температури розглядуваного режиму експлуатації барабана;  $n$  – коефіцієнт запасу;  $m_1$ ,  $m_2$ ,  $a$  і  $b$  – характеристики матеріалу, які визначаються через межу тимчасового опору руйнуванню металу  $\sigma_B^T$  та відносне звуження металу  $\Psi_T$  при температурі експлуатації.

Сумарну величину накопиченої пошкоджуваності металу барабана визначаємо за співвідношенням

$$A = \sum_{i=1}^k \frac{n_i}{N_i},$$

де  $n_i$  – фактична кількість циклів  $i$ -го режиму роботи барабана за весь час експлуатації;  $N_i$  – допустима кількість циклів для  $i$ -го режиму, отримана з рівняння (1) відповідно до обчисленої амплітуди максимальних напружень  $\sigma_a$ ;  $k$  – кількість нестационарних режимів експлуатації.

1. Дробенко Б.Д., Будз С.Ф. Оцінка міцності та експлуатаційного ресурсу елементів енергообладнання з урахуванням деградації матеріалу, пошкоджень та технології ремонту. – Львів: Ін-т прикладних проблем механіки і математики ім. Я.С. Підстригача НАН України, 2021. – 368 с.
2. Порядок продовження терміну експлуатації барабанів котлів високого тиску. Інструкція СОУ 40.1-21677681-02:2009.

#### ASSESSMENT OF THE OPERATIONAL RESOURCE OF THE DRUM OF THE BOILER UNIT OF THE TPP POWER UNIT DAMAGED DURING ITS OPERATION

*A methodology to estimate the service life of the drum of the boiler unit of a power plant with operational damages is considered. It was developed based on three-dimensional thermoelastic plasticity and the finite element method.*