

УДК 621.165

ЧЕРНОУСЕНКО О. Ю.^{1*}, ПЕШКО В. А.^{2*}, РИНДЮК Д. В.^{3*}

ОЦІНКА ЗАЛИШКОВОГО РЕСУРСУ РОТОРІВ ВИСОКОГО, СЕРЕДНЬОГО ТА НИЗЬКОГО ТИСКУ ТУРБИНИ Т-100/120-130 БЛОКУ № 2 ХАРКІВСЬКОЇ ТЕЦ-5

¹ д.т.н., професор, завідувачка кафедри теплової та альтернативної енергетики, НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського», м. Київ, Україна.

² к.т.н., доцент кафедри теплової та альтернативної енергетики, НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського», м. Київ, Україна.

³ к.т.н., доцент кафедри теплової та альтернативної енергетики, НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського», м. Київ, Україна.

* e-mail: chernousenko20a@gmail.com

Вступ. Для продовження експлуатації енергоблоків 100 МВт необхідно залучити комплексний підхід до оцінки залишкового ресурсу та продовженню терміну експлуатації паротурбінного енергетичного обладнання енергоблоків ТЕС з метою оптимізації фінансових витрат. При цьому необхідно залучити широкий спектр даних розрахункових та експериментальних досліджень по уточненню коефіцієнтів запасу міцності, а також ремонтно-відновлювальних змін конструкції елементів парових турбін. Відомо, що продовження терміну експлуатації паротурбінного енергетичного обладнання енергоблоків ТЕС є найбільш дешевим засобом реновації теплових електростанцій без значного збільшення матеріальних затрат на оновлення енергетичних об'єктів при наявності достовірної оцінки залишкового ресурсу такого обладнання.

Мета роботи. Оцінити рівень пошкодження роторів високого, середнього та низького тиску теплофікаційної парової турбіни, що відбувається внаслідок тривалої експлуатації.

Загальна частина. Для парових турбін типу Т-100/120-130 розроблена математична модель розрахунку теплового, напружено-деформованого стану, пошкоджуваності та оцінки залишкового ресурсу роторів ЦВТ з урахуванням наявних пошкоджень проектних конструкцій і ремонтно-поновлювальних змін елементів в процесі експлуатації на базі 3D-просторових аналогів для роторів ЦВТ, аналогічно геометричній моделі парової турбіни К-200-130. При виборі коефіцієнтів запасу міцності використана експериментальна оцінка мало циклової утоми металу ротора 25X1M1ΦА по фактору мало циклової утоми для парової турбіни потужністю 200 МВт, що працювала в реальних умовах експлуатації на енергетичних об'єктах більше 220 тис. год., з метою оптимізації коефіцієнтів запасу міцності по числу циклів n_N і по деформаціях n_e [1].

З врахуванням оцінки мало циклової втоми металу РВТ, РСТ та РНТ парової турбіни Т-100/120-130 ст. № 2 ПрАТ «Харківська ТЕЦ-5» розрахункова оцінка пошкоджуваності, залишкового допустимого напрацювання в роках і індивідуального ресурсу РВТ, РСТ та РНТ згідно рекомендацій РТМ і РД [1] представлена в табл. 1.

Необхідно при визначенні залишкового ресурсу роторів мати на увазі, що оцінка короточасної статичної міцності роторів виконується за номінальним напруженням від відцентрових (ВЦС) сил без урахування температурних напружень і їх концентрації $\sigma_{\max} = \sigma_{\text{ВЦС}}$, а також за максимальним значенням номінального еквівалентного напруження σ , згідно рекомендацій [2]. Коефіцієнт запасу по межі текучості матеріалу суцільно кованих роторів σ_{02}^B при розрахунковій температурі t на стаціонарному режимі повинен задовольняти умові $n_t', n_t'' \geq 1,6$.

Варто мати на увазі, що реальні значення пошкоджуваності можуть мати тенденцію до зниження з наступних причин:

- зупинки з примусовим розхолодженням можуть збільшувати амплітуду інтенсивності напружень;
- при напрацюваннях обладнання понад 200 тис. год. має місце певна деградація властивостей металу;
- відхилення реальних пускових графіків від графіків, визначених інструкцією по експлуатації, за рахунок впливу людського фактору;
- відсутність повних даних про реальний стан металу роторів в даний момент експлуатації.

Таким чином, розрахунковий ресурс металу РВТ турбоагрегату Т-100/120-130 ст. № 2 ПрАТ «Харківська ТЕЦ-5» вичерпаний на 73 %. Циклічна пошкоджуваність становить для РВТ 50 %. Статична пошкоджуваність становить для РВТ 24 %. Допустиме додаткове розрахункове число пусків для РВТ складе близько 2730 пусків в самому консервативному варіанті при пуску з холодного стану (п. 3 табл. 1).

Розрахунковий ресурс металу РСТ турбоагрегату Т-100/120-130 ст. № 2 ПрАТ «Харківська ТЕЦ-5» вичерпаний на 72 %. Циклічна пошкоджуваність становить для РСТ 57%. Статична пошкоджуваність становить для РСТ 15 %. Допустиме додаткове розрахункове число пусків для РСТ складе близько 4140 пусків в самому консервативному варіанті при пуску з гарячого стану (п. 3 табл. 1).

Розрахунковий ресурс металу РНТ турбоагрегату Т-100/120-130 ст. № 2 ПрАТ «Харківська ТЕЦ-5» вичерпаний на 67 %. Циклічна пошкоджуваність становить для РНТ 60 %. Статична пошкоджуваність становить для РНТ 7 %. Допустиме додаткове розрахункове число пусків для РНТ складе близько 10000 пусків в самому консервативному варіанті при пуску з всіх станів (п. 3 табл. 1).

Таблиця 1 – Ресурсні показники роторів високого, середнього та низького тиску турбіни Т-100/120-130 блоку № 2 Харківської ТЕЦ-5

Ресурсний показник		Значення		
		РВТ	РСТ	РНТ
1 Поточне напрацювання, T , год		222293		
2 Поточна сумарна кількість пусків, n		683		
3 Поточна кількість пусків за тепловими станами	$n_{ХС}$	168		
	$n_{НС}$	125		
	$n_{ГС}$	390		
4 Інтенсивність напружень на номінальному режимі роботи, $\sigma_{i \text{ ном}}$, МПа		100,1	147,1	246,5
5 Розрахункова температура металу, t_m , °С		500	358	137
6 Коефіцієнти запасу міцності по числу циклів/по деформаціям, n_N/n_ϵ		5/1,5		
7 Допустима кількість пусків з різних теплових станів	$N_{дХС}$	2730	5920	10000
	$N_{дНС}$	2790	5840	10000
	$N_{дГС}$	2980	4140	10000
8 Статичне пошкодження основного металу ротора, $P'_{ст}$, %		23,72	14,40	6,83
9 Циклічне пошкодження основного металу ротора, $P'_{ц}$, %		49,40	57,00	60,08
10 Сумарне пошкодження основного металу ротора, P'_{Σ} , %		73,12	71,40	66,91
11 Індивідуальний залишковий ресурс ротора, $G_{зал}$, год		81700	89000	109900

Висновки. Оцінка короткочасної статичної міцності роторів виконується по номінальних напруженнях від відцентрових сил без урахування температурних напружень. Запаси короткочасної статичної міцності роторів не виходять за межі допустимих ($n'_r, n''_r \geq 1,6$), що дозволяє подальшу експлуатацію. Індивідуальний залишковий ресурс РВТ становить 81700 год. Аналіз отриманих результатів дозволяє продовжити експлуатацію роторів ВТ на 50000 год. при кількості пусків, що не перевищує 400 пусків. Індивідуальний залишковий ресурс РСТ становить 89000 год. Аналіз отриманих результатів дозволяє продовжити експлуатацію роторів СТ на 50000 год. при кількості пусків, що не перевищує 400 пусків. Індивідуальний залишковий ресурс РНТ становить 109900 год. Аналіз отриманих результатів дозволяє продовжити експлуатацію роторів НТ на 50000 год. при кількості пусків, що не перевищує 400 пусків.

Список літератури:

1. НД МПЕ України. Контроль металу і продовження терміну експлуатації основних елементів котлів, турбін і трубопроводів теплових електростанцій [Текст] : СОУ-Н МПЕ 40.17.401:2021. – Офіц. вид. – Київ : ГРІФРЕ: М-во палива та енергетики України, 2021. – 215 с. – (Нормативний документ Мінпаливенерго України, Типова інструкція).
2. Оцінка залишкового ресурсу в подовження експлуатації парових турбін великої потужності (частина 3) Монографія для науковців та докторів філософії за спеціальністю 144 Теплоенергетика / О. Ю.Черноусенко, Д. В. Риндюк, В. А. Пешко. – Київ : НТУУ «КПІ Ім. Ігоря Сікорського», 2020. – 318 с.

Тези доповідей XIX Міжнародної науково-технічної конференції