

О. Ю. ЧЕРНОУСЕНКО, Д. В. РЫНДЮК, В. А. ПЕШКО, В. Ю. ГОРЯЖЕНКО

ОЦЕНКА ИНДИВИДУАЛЬНОГО РЕСУРСА ЛИТЫХ КОРПУСОВ АВТОМАТИЧЕСКИХ ЗАЩИТНЫХ КЛАПАНОВ ЭНЕРГОБЛОКОВ МОЩНОСТЬЮ 200 МВт

Энергоблоки ДТЭК «Кураховская ТЭС» мощностью 200 МВт с паровыми турбинами К-200-130 после достижения ими паркового ресурса на сегодняшний день требуют принятия решения о дальнейшей эксплуатации. Данная работа посвящена проблеме продления срока эксплуатации энергетического оборудования. Предметом исследования работы является повреждаемость и остаточный ресурс автоматических защитных клапанов ЦСД паровой турбины К-200-130. Получены данные по тепловому и напряженно-деформированному состоянию корпусов клапанов для разных режимов пуска. Определена суммарная поврежденность и индивидуальный остаточный ресурс.

Ключевые слова: автоматический защитный клапан, пуск из холодного состояния, из неостывшего состояния, из горячего состояния, остаточный ресурс, малоцикловая усталость, длительная прочность.

О. Ю. ЧЕРНОУСЕНКО, Д. В. РИНДЮК, В. А. ПЕШКО, В. Ю. ГОРЯЖЕНКО

ОЦІНКА ІНДИВІДУАЛЬНОГО РЕСУРСУ ЛИТИХ КОРПУСІВ АВТОМАТИЧНИХ ЗАХИСНИХ КЛАПАНІВ ЕНЕРГОБЛОКІВ ПОТУЖНІСТЮ 200 МВт

Енергоблоки ДТЕК «Курахівська ТЕС» потужністю 200 МВт з паровими турбінами К-200-130 після досягнення ними паркового ресурсу на сьогоднішній день вимагають прийняття рішення про можливість подальшої експлуатації. Дана робота присвячена проблемі продовження терміну експлуатації енергетичного обладнання. Предметом дослідження роботи є пошкоджуваність і залишковий ресурс автоматичних захисних клапанів ЦСТ парової турбіни К-200-130. Отримано дані по тепловому і напружено-деформованому стану корпусів клапанів для різних режимів пуску. Визначено сумарна пошкоджуваність і індивідуальний залишковий ресурс.

Ключові слова: автоматичний захисний клапан, пуск з холодного стану, з гарячого стану, з неостиглого стану, залишковий ресурс, малоциклова втома, довготривала міцність.

O. CHERNOUSENKO, D. RINDYUK, V. PESHKO, V. HORYAZHENKO

ESTIMATING AN INDIVIDUAL LIFE OF THE CAST CASINGS OF SELF-ACTING SAFETY-VALVES OF THE POWER GENERATING UNITS OF 200 MW

Most Ukrainian heat power plants have already worked off their fleet life according to the current normative documents. However, previous investigations of the physical-&-mechanical structure of metal used for the cast body parts of steam turbines show that there is an opportunity for the recurring extension of the service life of this equipment. Since cast high-temperature casings are one of the most expensive elements of the steam turbine, an issue of the possibility of refreshing extension of their service life remains to be a problem of strategic importance. Using as an example the power-generating units of "Kurakhovskaia Heat Power Plant" of 200 MW with steam turbines K-200-130 the residual resource of high-temperature elements of the power equipment, in particular the self-actuating safety valve (SSV) of an average pressure cylinder (APC) has been estimated. This scientific paper gives computation data of thermal elastically deformed state of the casings of self-actuating safety valves of the APC taking into account a joint action of the temperature gradient and internal steam pressure in operation. Availability of service damages in the design structure and the results of repair and restoration changes were taken into account. A total damageability of the casing metal of SSV of the average pressure cylinder was determined based on the computation in terms of low-cycle fatigue and static damageability. The recommendations on the possibility of the refreshing extension of their service life were given.

Key words: self-actuating safety valve, cold start-up, warm start-up, hot start-up, residual life, low-cycle fatigue and long-term strength.

Введение

Парковый ресурс паровых турбин К-200-130 ЛМЗ равен 220 тыс. ч. при числе пусков 800 согласно нормативным документам Министерства энергетики и угольной промышленности Украины [1, 2]. НТУУ КПИ им. Игоря Сикорского за период 2005–2009 гг. были выполнены работы по оценке остаточного ресурса высокотемпературного энергетического оборудования паровых турбин К-200-130 мощностью 200 МВт энергоблоков № 11, 13, 14, 15 ДТЭК «Луганская ТЭС», энергоблоков № 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 ДТЭК «Кураховская ТЭС», энергоблока № 10 «Старобешевская ТЭС». По результатам этих работ продлена эксплуатация энергетического оборудования на 50 тыс. ч. и 400 пус-

ков по каждому энергоблоку.

Паровые турбины мощностью 200 МВт блоков 3–9 ДТЭК «Кураховская ТЭС» отработали порядка 199661–322672 ч при общем количестве пусков от 687 до 1896. Таким образом, парковый срок продления эксплуатации высокотемпературного энергетического оборудования истек [3]. Согласно рекомендациям [1], необходимо провести повторную оценку индивидуального ресурса корпусов автоматических защитных клапанов (АЗК) ЦСД паровой турбины К-200-130. Особенностью повторного продления эксплуатации энергоблока является сверх парковая наработка энергетического оборудования более 250 тыс. ч., а также работа оборудования в маневренных режимах (более 1700–2500 пусков из раз-

личных тепловых состояний) при покрытии пиков электрической нагрузки с превышением паркового количество пусков в 2–3 раза.

Проведенный ранее анализ теплового состояния корпуса регулирующего клапана и течения пара для разных стационарных режимов показал, что наибольший перепад температур и давления на стенке корпуса наблюдается на режиме, отвечающем мощности 300 МВт. Явление ползучести на стационарных режимах работы корпуса регулирующего клапана не является основным фактором, вызывающим образования трещин. Учитывая, что на практике трещины обнаруживаются после нескольких лет эксплуатации, значительный интерес представляет решение задачи с учетом возможных несовершенств и дефектов в отливках корпуса клапана, а также малоциклового усталости материала на переменных режимах работы [4–5].

Цель работы

Выполнение оценки напряженно-деформированного состояния литых корпусных элементов АЗК турбины К-200-130 с учетом эксплуатационных повреждений и результатов ремонтно-восстановительных работ. Оценка длительной прочности и малоциклового поврежденности основного металла для установления возможности повторного продления эксплуатации АЗК ЦСД турбины К-200-130 блока № 4 ДТЭК «Кураховская ТЭС».

Анализ результатов контроля металла корпуса АЗК ЦСД турбин № 4 ДТЭК «Кураховская ТЭС»

Блок 200 МВт ст. № 4 ДТЭК Кураховская ТЭС» введен в эксплуатацию в составе второй очереди в 1973 г. На начало 2006 г. число пусков составляло 1611 и наработка – 204886 ч. в период предыдущего расчетного исследования. На 01.02.2017 г. заказчик указал число пусков 2475 и наработку – 261773 часа.

За время эксплуатации контроль металла деталей турбины выполнялся в период капитального ремонта в соответствии с инструкцией [1]: магнитопорошковая дефектоскопия (МПД) стопорных и регулирующих клапанов, ультразвуковой контроль защитных и стопорных клапанов; визуальный контроль с травлением стопорных клапанов. К началу ремонта оборудование отработало 214796 часов и имеет 1727 пусков. Последний капитальный ремонт был произведен в 2004 году. После него блок отработал 18094 часа и имеет 215 пусков.

За весь период эксплуатации на наружной и внутренней поверхностях корпусов защитных клапанов трещин обнаружено не было. Микроструктура металла (по результатам исследований, выполненных в 1981 г.) правого защитного клапана –

феррит + 10 % бейнита, левого защитного клапана – феррит + 20 % бейнита. Твёрдость металла клапанов по результатам исследований, выполненных в 2004 г., составляет 146–170 НВ.

По результатам неразрушающего контроля состояния металла корпуса АЗК ЦСД (Заклучение № 213-08 от 20.07.2008 г.) при визуальном контроле и МПД радиусных переходов наружных и внутренних поверхностей защитных клапанов трещин не обнаружено.

Результаты проведенного технического аудита состояния металла высокотемпературных элементов приняты во внимание. Изменения свойств металла элементов паровой турбины в процессе длительной эксплуатации внесены в модель. Это позволило учесть влияние реальной эксплуатации на ресурсные характеристики клапана АЗК ЦСД.

ТС, НДС, малоцикловая усталость, статическая поврежденность и остаточный ресурс литого корпуса АЗК ЦСД

Моделирование теплового и напряженно-деформированного состояний автоматического защитного клапана на стационарных и пусковых режимах работы осуществлялось в трехмерной постановке с использованием современных графических пакетов прикладных программ согласно [5–7]. Для анализа напряженно-деформированного состояния рассмотрены три режима: пуск из холодного состояния по типу ХС ($t_{0мет} = 100 \text{ }^\circ\text{C}$), из неостывшего состояния НС-1 ($t_{0мет} = 250 \text{ }^\circ\text{C}$) и из неостывшего состояния НС-2 ($t_{0мет} = 410 \text{ }^\circ\text{C}$).

Расчетные модели АЗК ЦСД с характерными точками исследования напряжений представлены на рис. 1.

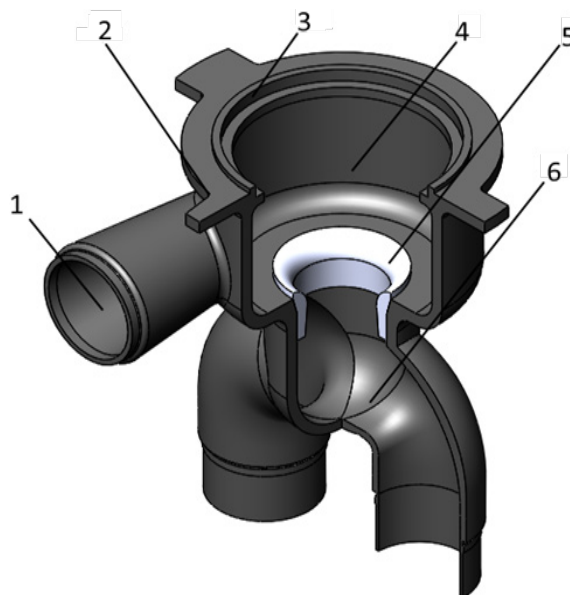


Рис. 1 – Расчетная модель АЗК ЦСД; 1–6 – контрольные точки

Расчетное поле температур (ТС) и напряженно-деформированное состояние (НДС) клапана АЗК ЦСД в пространственной постановке при эксплуатационных режимах НС-2, НС-1 и ХС показано на рис. 2–4. Необходимо отметить, что максимальные напряжения возникают при пусках из ХС и НС-1, однако они не превышают 70–224 МПа. Максимум напряжений смещается в область высоких давлений, что соответствует конечным этапам пуска. Максимальные напряжения при пусках из НС-1 (рис. 2) достигают 223,6 МПа в области крышки клапана при выдержке при 30 МВт при постоянных параметрах (6200 с).

Максимальные напряжения при пусках из НС-2 (рис. 3) достигают 123 МПа в области крышки клапана при конечном этапе нагружения до 30 МВт и выдержке при 30 МВт при постоянных параметрах (2100 с).

При пусках из ХС (рис. 4) максимальные интенсивности условных упругих напряжений достигают 174,5 МПа в области крышки клапана при выдержке на первоначальной нагрузке при постоянных параметрах (14600 с).

Амплитуда деформаций согласно [8] определялась по значениям интенсивности деформаций в течение цикла нагружения. Число циклов до появ-

ления трещин определялось по экспериментальным кривым малоциклового усталости, полученным по результатам испытаний образцов на растяжение – сжатие при жестком симметричном цикле и постоянной температуре. Суммарная поврежденность Π' , накопленная в металле роторов, работающих в условиях совместного действия ползучести при различных установившихся режимах и циклических нагрузок при различных переменных режимах, и остаточная наработка определялась согласно [9].

Для корпуса АЗК ЦСД паровой турбины К-200-130-3 блока № 4 ДТЭК Кураховская ТЭС при выполнении расчета на малоцикловую усталость рассматривались следующие контрольные точки (рис. 1), в которых определялись размахи интенсивностей напряжений за все периоды пусков из различных тепловых состояний (рис. 5). По максимальной амплитуде интенсивностей напряжений определяли интенсивность деформаций и допускаемое число пусков N_d из различных тепловых состояний согласно [8, 9]. Результаты расчетной оценки малоциклового усталости металла, температура стенки, интенсивности напряжений и деформаций корпусов АЗК ЦСД представлены в табл. 1.

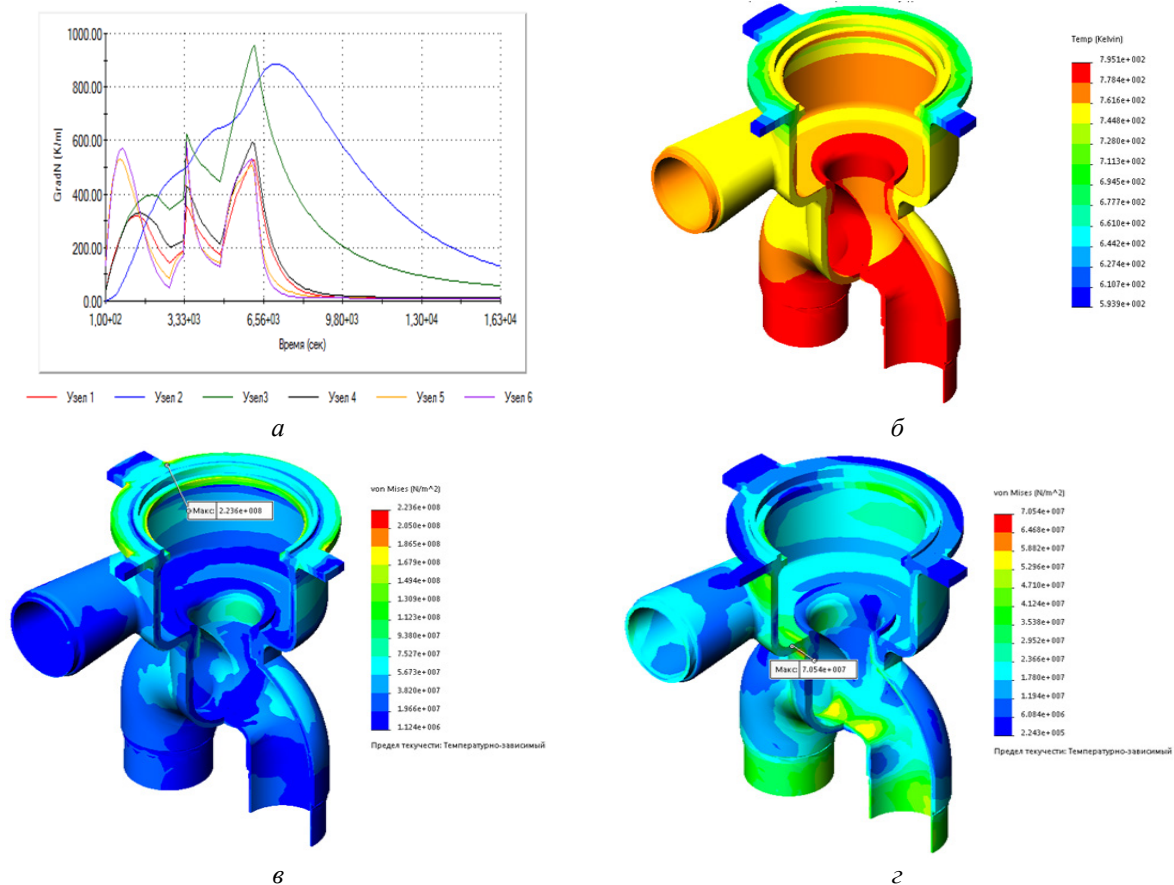


Рис. 2 – Тепловое и напряженно-деформированное состояние АЗК ЦСД при пуске из неостывшего состояния (НС-1): а – градиенты температур; б – ТС в момент времени 6200 с; в – НДС в момент времени 6200 с; г – НДС в момент времени 16260 с

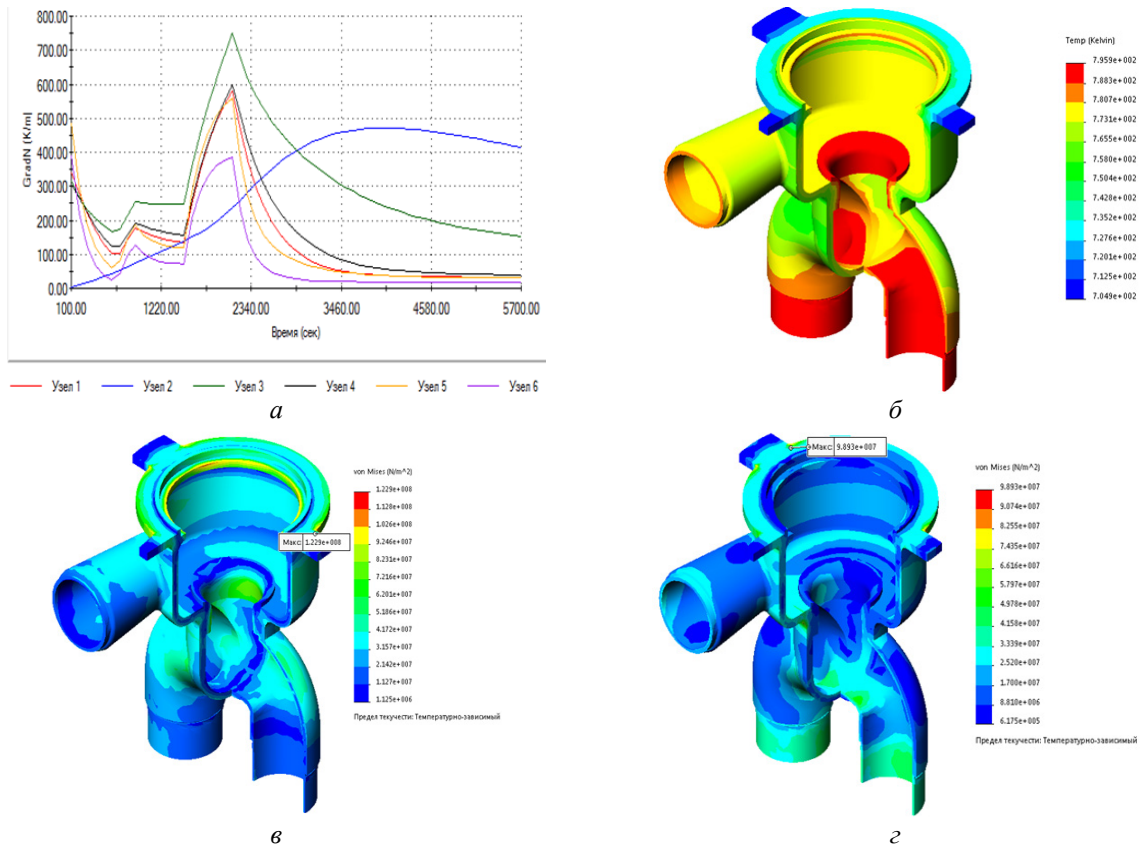


Рис. 3 – Тепловое и напряженно-деформированное состояние АЗК при пуске из НС-2: *а* – градиенты температур; *б* – ТС в момент времени 2100 с; *в* – НДС в момент 2100 с; *г* – НДС в момент 5700 с

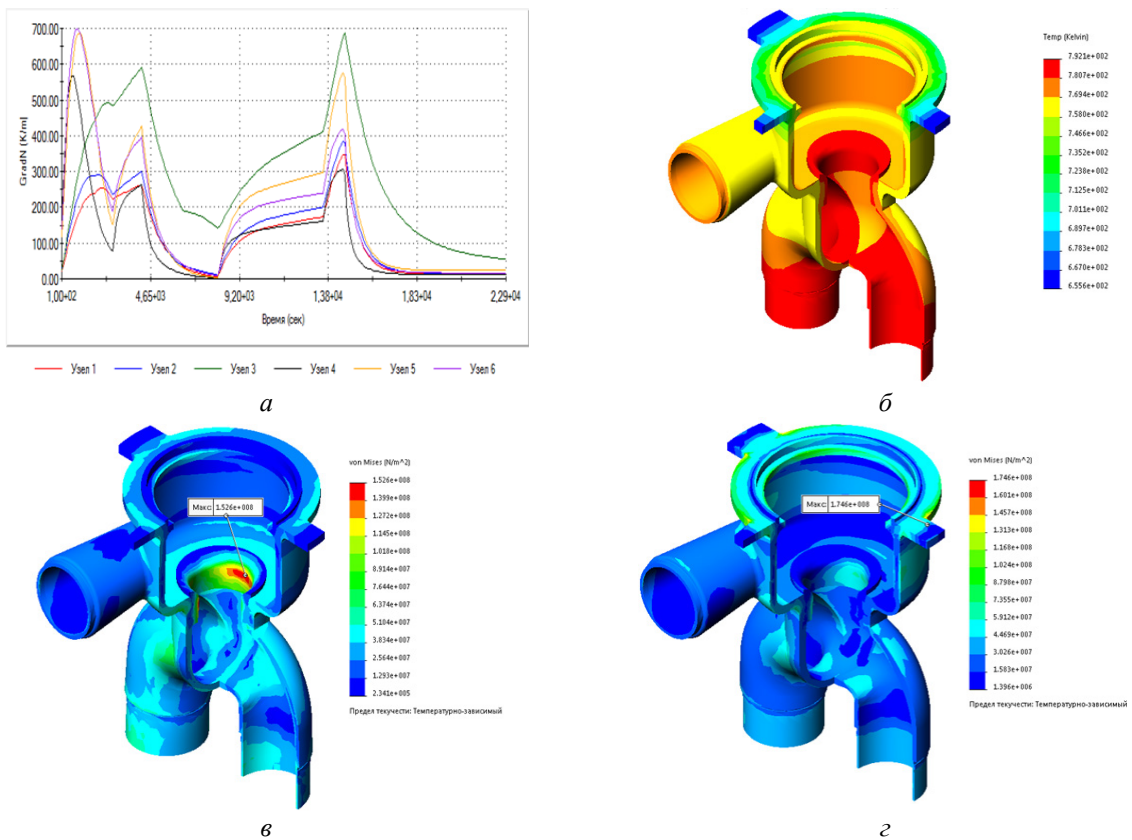


Рис. 4 – Тепловое и напряженно-деформированное состояние АЗК ЦСД при пуске из ХС: *а* – градиенты температур; *б* – ТС в момент времени 14600 с; *в* – НДС в момент 800 с; *г* – НДС в момент 14600 с

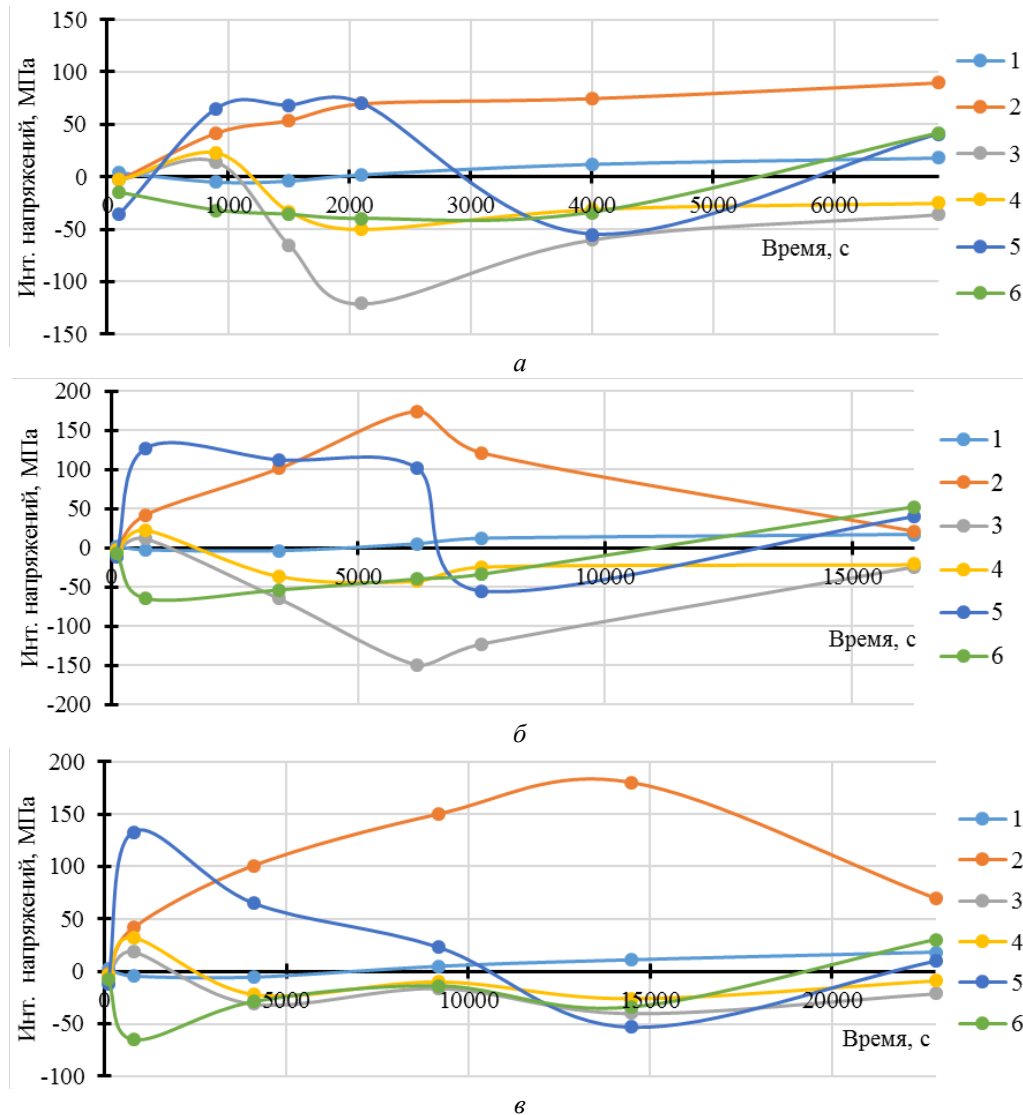


Рис. 5 – Интенсивности напряжений при расчете малоциклового усталости за весь период пуска:
 а – из НС-2; б – из НС-1; в – из ХС

Таблица 1 – Расчетная оценка малоциклового усталости металла корпуса АЗК ЦСД турбины К-200-130 энергоблока № 4 ДТЭК Кураховская ТЭС

АЗК ЦСД	Температура по толщине стенки клапана t_{\max} , °С	Амплитуда интенсивности напряжений, σ_i , МПа	Приведенная деформация, $\varepsilon_{a пр}$, %	Допускаемое число пусков, N_d	
				$n_N = 5$, $n_\varepsilon = 1,5$	$n_N = 3$, $n_\varepsilon = 1,25$
НС-2	540	46,5	0,0476	$>1 \cdot 10^4$	$>1 \cdot 10^4$
НС-1	540	88	0,06854	$>1 \cdot 10^4$	$>1 \cdot 10^4$
ХС	540	91	0,07002	$>1 \cdot 10^4$	$>1 \cdot 10^4$

Распределение числа пусков из различных тепловых состояний для корпуса АЗК ЦСД блока № 4 ДТЭК Кураховская ТЭС выглядит следующим образом: количество пусков по типу НС-2 – 1209 (48,8 %), НС-1 – 727 (29,4 %), ХС – 539 (21,8 %).

В случае тепловых ударов на начальных этапах пусков, а также при попадании влаги в горячий клапан возможно повышение интенсивностей условных упругих напряжений до 590–630 МПа. В этом случае допустимое число циклов резко пада-

ет и может составить величину порядка 2000–1900.

С учетом данных по ТС, НДС, а также оценки малоциклового усталости корпусов АЗК ЦСД паровой турбины К-200-130-3 (табл. 1) расчетная оценка поврежденности, остаточной допускаемой наработки в годах и остаточного ресурса корпусов АЗК ЦСД для паровой турбины К-200-130 блока № 4 ДТЭК Кураховская ТЭС представлена в табл. 2.

Таблица 2 – Расчетная оценка повреждаемости, остаточной наработки в годах и остаточного ресурса корпуса АЗК ЦСД турбины К-200-130 блока № 4 ДТЭК Кураховская ТЭС

№	Наименование	Формула	Корпус АЗК ЦСД	
1.	Общее число пусков по данным КуТЭС	$n_{\text{общ}}$	2475	
2.	Общая наработка по данным КуТЭС	$\tau_{\text{общ}}, \text{ч}$	261773	
3.	Коэффициенты запаса	$n_N \setminus n_\epsilon$	5\1,5	3\1,25
4.	Допускаемое число циклов по различным типам пусков	$[N_{pl}] n_{\text{НС-2}} = 1549$	>10000	>10000
		$[N_{pl}] n_{\text{НС-1}} = 774$	>10000	>10000
		$[N_{pl}] n_{\text{ХС}} = 656$	>10000	>10000
5.	Циклическая поврежденность	$[\Pi_{\text{ц}}] = \sum n_i / [N_{pl}], \%$	7,93	4,49
6.	Допускаемое время	$[t_{pl}], \text{ч}$	$3,7 \times 10^5$	$5,0 \times 10^5$
7.	Статическая поврежденность	$[\Pi_{\text{ст}}] = \sum \tau_{\text{общ}} / [t_{pl}], \%$	65,89	48,76
8.	Суммарная поврежденность	$[\Pi_{\Sigma}] = [\Pi_{\text{ст}}] + [\Pi_{\text{ц}}], \%$	73,82	53,25
9.	Остаточный ресурс	$T_{\text{ост}} = G \times \tau_{\text{год}}, \text{час}$	86448	214025

Таким образом, суммарная поврежденность металла корпусов АЗК ЦСД паровой турбины К-200-130 блока № 4 ДТЭК Кураховская ТЭС составляет 74 %. Остаточный ресурс равен 86448 ч при коэффициентах запаса прочности по количеству циклов и по деформациям на уровне 5 и 1,5, а также допускаемом времени работы металла 370 тыс. ч (табл. 2 пункты 6, 9). При коэффициентах запаса прочности по количеству циклов и по деформациям на уровне 3 и 1,25, а также допускаемом времени работы металла 500 тыс. ч суммарная поврежденность корпусов АЗК ЦСД снижается до 53 %, а остаточный ресурс металла равен 214025 ч. Таким образом, срок эксплуатации литого корпуса автоматического защитного клапана ЦСД может быть продлен на 50 тыс. часов при числе пусков, равном половине паркового количества, т.е. 400 пусков.

Выводы и рекомендации

1. Расчеты на малоцикловую усталость и статическую поврежденность корпусов клапанов АЗК ЦСД паровой турбины К-200-130-3 блока № 4 ДТЭК Кураховская ТЭС показали, что суммарная поврежденность металла составляет 74 %.

2. Принимая к сведению, полученные результаты касательно малоциклового усталости и длительной прочности основного металла и рассчитанный остаточный ресурс в 86448 ч., можно допустить продление эксплуатации корпусов на 50 тыс. часов при дополнительном числе пусков не превышающем 400.

3. Для повышения надежности эксплуатации литого энергетического оборудования необходимо внедрить системы контроля и технической диагностики стопорных клапанов АЗК ЦСД, основанные на моделировании теплового и напряженно-деформированного состояния оборудования в реальном времени.

4. При каждом следующем плановом продлении эксплуатации для оборудования, проработавшего более 220 тыс. часов, проводить дополнительное уточнение индивидуального ресурса вы-

сокотемпературного оборудования паровой турбины К-200-130:

- неразрушающий контроль металла для выявления дефектов и экспериментальной оценки возникших повреждений, исследование структуры и свойств металла высокотемпературных элементов турбин;
- экспериментальные исследования по влиянию старения на изменение физико-механических свойств легированных сталей при эксплуатационных температурах;
- поверочный расчет индивидуального ресурса энергоблока с учетом фактических данных о свойствах металла и режимах эксплуатации, изменений конструкции при ППР, особенностей пусковых и переменных режимов работы и др., а также экспериментального исследования металла;
- технический аудит состояния оборудования на текущий момент;
- экспертную оценку состояния оборудования паровых турбин с указанием возможности продления эксплуатации сверх паркового ресурса.

Список литературы

1. НД МПЕ України. Контроль металу і продовження терміну експлуатації основних елементів котлів, турбін і трубопроводів теплових електростанцій. Типова інструкція. СОУ-Н МПЕ 40.17.401:2004. Офіц. вид. Київ: ГРІФРЕ: М-во палива та енергетики України, 2005. 76 с. (Нормативний документ Мінпаливенерго України, Типова інструкція).
2. СОУ-Н МЕВ 40.1-21677681-52:2011 Визначення розрахункового ресурсу та оцінки живучості роторів та корпусних деталей турбіни : методичні вказівки / Міненерговугілля України / М. Г. Шульженко. Офіц. вид., 2011. 24 с.
3. Черноусенко О. Ю., Пешко В. А. Вплив роботи енергоблоків ТЕС в маневреному режимі на вичерпання ресурсу енергетичного обладнання. Вісник НТУ «ХП». Серія: Енергетичні та теплотехнічні процеси й устаткування. Харків : НТУ «ХП», 2016. № 10(1182). Бібліогр.: 7 назв. С. 6–17. ISSN 2078-774X. doi: 10.20998/2078-774X.2016.10.01.
4. Колядюк, А. С., Шульженко Н. Г., Бабаев И. Н. Численное моделирование течения пара в регулировочном клапане турбины. Вестник двигателестроения. 2011. № 2. С. 106–110. ISSN 1727-0219.
5. Колядюк, А. С., Шульженко Н. Г. Оценка ползучести корпуса регулирующего клапана паровой турбины К-325 / Вісник НТУ «ХП». Серія: Енергетичні та теплотехнічні про-

- цеси й устаткування. 2014. 11(1054). С. 125–131. ISSN 2078-774X.
6. Черноусенко О. Ю., Пешко В. А. Расчетное исследование теплового и напряженно-деформированного состояния ротора высокого давления турбины Т-100/120-130 ст. № 1 ПАО «Харьковская ТЭЦ-5». Вісник НТУ «ХП». Серія: Енергетичні та теплотехнічні процеси й устаткування. Харків : НТУ «ХП», 2017. № 9(1231). Бібліогр.: 8 назв. С. 34–40. ISSN 2078-774X. doi: 10.20998/2078-774X.2017.09.05.
 7. Черноусенко О. Ю., Пешко В. А. Оценка малоциклового усталости, поврежденности и остаточного ресурса ротора высокого давления турбины Т-100/120-130 ст. № 1 ПАО «Харьковская ТЭЦ-5». Вісник НТУ «ХП». Серія: Енергетичні та теплотехнічні процеси й устаткування. Харків : НТУ «ХП», 2017. № 10 (1232). Бібліогр.: 5 назв. С. 29–37. ISSN 2078-774X. doi: 10.20998/2078-774X.2017.10.04.
 8. РТМ 108.021.103. Детали паровых стационарных турбин. Расчёт на малоцикловую усталость. Москва, 1985. № АЗ–002/7382. 49 с.
 9. РД 34.17.440-96. Методические указания о порядке проведения работ при оценке индивидуального ресурса паровых турбин и продлении срока их эксплуатации сверх паркового ресурса. Москва, 1996. 98 с.
 10. Peshko V., Chernousenko O., Nikulenkova T. [et. al.]. Comprehensive rotor service life study for high & intermediate pressure cylinders of high power steam turbines. *Propulsion and Power Research – China: National Laboratory for Aeronautics and Astronautics*. 2016. Volume 5. Issue 4. pp. 302–309.
 11. Chernousenko O., Rindyuk D., Peshko V. Research on residual service life of automatic locking valve of turbine K-200-130" *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies - Energy-saving technologies and equipment*. 2017. No 8 (89). pp. 39-44. ISSN 1729-3774 (print). ISSN 1729-4061 (on-line).
 3. Chernousenko, O. and Peshko, V. (2016), "Influence of the Operation of the Power Units of Thermal Power Plants in the Maneuvering Mode on the Aging Rate of Power Equipment". *Bulletin of the National Technical University "KhPI". Series: Power and heat engineering processes and equipment*, No. 10(1182), pp. 6–16, ISSN 2078-774X, doi: 10.20998/2078-774X.2016.10.01.
 4. Kolyadyuk, A., Shul'zhenko, M., Babayev, I. (2011), "Computer modeling of steam flow in the regulating valve of the turbine", *Bulletin of engine building*, No 2, pp. 106-110, ISSN 1727-0219.
 5. Kolyadyuk, A., Shul'zhenko, M. (2014), "Otsenka polzuchesty korpusa rehelyruyushcheho klapana parovoy turbiny K-325". *Bulletin of the National Technical University "KhPI". Series: Power and heat engineering processes and equipment*, No. 11(1054), pp. 125–131, ISSN 2078-774X.
 6. Chernousenko, O. and Peshko, V. (2017), "Computation Investigation of the Thermal and Stress-Strain Behavior of the Rotor of High Pressure Turbine T-100/120-130; block No 1 Operated by the PJSC "Kharkiv CHPP-5", *Bulletin of the National Technical University "KhPI". Series: Power and heat engineering processes and equipment*, No. 9(1231), pp. 34–40, ISSN 2078-774X, doi: 10.20998/2078-774X.2017.09.05
 7. Chernousenko, O. and Peshko, V. (2017), "Estimating the Low-Cycle Fatigue, Damageability and the Residual Life of the Rotor of High Pressure Turbine T-100/120-130 unit No 1 used by PJSC "Kharkiv CHPP-5", *Bulletin of the National Technical University "KhPI". Series: Power and heat engineering processes and equipment*, No. 10(1232), pp. 30–37, ISSN 2078-774X, doi: 10.20998/2078-774X.2017.10.04
 8. (1985), РТМ 108.021.103. Детали паровых стационарных турбин. Расчёт на малоцикловую усталость [Details of stationary steam turbines. Low cycle fatigue calculation], Moscow, Russian.
 9. (1996), РД 34.17.440–96. Методические указания о порядке проведения работ при оценке индивидуального ресурса паровых турбин и продлении срока их эксплуатации сверх паркового ресурса [Methodological guidelines to perform works within assessment of individual service life of steam turbines and its extension beyond the fleet service life], Moscow, Russian.
 10. Peshko, V., Chernousenko, O., Nikulenkova, T. [et. al.] (2016), "Comprehensive rotor service life study for high & intermediate pressure cylinders of high power steam turbines", *Propulsion and Power Research – China: National Laboratory for Aeronautics and Astronautics*, Volume 5, Issue 4, pp. 302-309.
 11. Chernousenko, O., Rindyuk, D., Peshko, V. (2017), "Research on residual service life of automatic locking valve of turbine K-200-130", *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies - Energy-saving technologies and equipment*, No 8 (89), pp. 39-44 ISSN (print) 1729-3774, ISSN (on-line) 1729-4061.

References (transliterated)

1. (2005), *ND MPE Ukrainy*. Kontrol' metalu i prodovzhennya terminu ekspluatatsiyi osnovny'x elementiv kotliv, turbin i truboprovodiv teplovy'x elektrostancij. – Ty'pova instrukciya. SOU–N MPE 40.17.401:2004 [RD of MFEU. Metal inspection and extending operating life of main components of boilers, turbines and pipelines of thermal power plants: SOU-N MPE 40.17.401:2004], GRIFRE, Ministry of fuel and energy of Ukraine, Kiev, Ukraine.
2. Shulzhenko, N. G. (2011), SOU-N MEV 40.1-21677681-52:2011 *Vy'znachennya rozrakhunkovogo resursu ta ocinky' zhy'vuchosti rotoriv ta korpusny'x detalej turbiny*: *Metody'chni vkazivky' / Minenergovugillya Ukrainy* [Determination of the estimated resource and assessment of survivability of rotors and turbine case details: Guidelines], Ministry of Fuel and Energy of Ukraine, Kyiv, Ukraine.

Посмунила (received) 03.02.2018

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Черноусенко Ольга Юрійвна (Черноусенко Ольга Юрьевна, Chernousenko Olga Yuriivna) – доктор технічних наук, професор, КПП ім. Ігоря Сікорського, завідувач кафедри теплоенергетичних установок теплових та атомних електростанцій; м. Київ; тел.: (067) 504–82–92; e-mail: chernousenko20a@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1427-8068>.

Риндюк Дмитро Вікторович (Рындюк Дмитрий Викторович, Rindyuk Dmitry Viktorovich) – кандидат технічних наук, доцент, КПП ім. Ігоря Сікорського, доцент кафедри теплоенергетичних установок теплових та атомних електростанцій; м. Київ; тел.: (099) 055–47–04; e-mail: rel_dv@ukr.net; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7770-7547>.

Пешко Віталій Анатолійович (Пешко Виталий Анатольевич, Peshko Vitaliy Anatoliyovich) – кандидат технічних наук, КПП ім. Ігоря Сікорського, асистент кафедри теплоенергетичних установок теплових та атомних електростанцій; м. Київ; тел.: (067) 176–54–71; e-mail: vapeshko@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0610-1403>.

Горяженко Владислав Юрійович (Горяженко Владислав Юрьевич, Goryazhenko Vladyslav Yuriyovich) – КПП ім. Ігоря Сікорського, магістрант кафедри теплоенергетичних установок теплових та атомних електростанцій; м. Київ; тел.: (093) 920–21–82; e-mail: vgandcohookah@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5137-2742>.