

УДК 621.165.62-192

ПОВТОРНОЕ ПРОДЛЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЛИТЫХ КОРПУСОВ ТУРБИН 200 МВт

О. Ю. Черноусенко,

д-р техн. наук

chernousenko20a@gmail.com

ORCID: 0000-0002-1427-8068

Д. В. Рындюк,

канд. техн. наук

rel_dv@ukr.net

ORCID: 0000-0001-7770-7547

В. А. Пешко,

канд. техн. наук

vapeshko@gmail.com

ORCID: 0000-0003-0610-1403

Национальный
технический университет
Украины «Киевский
политехнический институт
имени Игоря Сикорского»,
03056, Украина, г. Киев,
пр. Победы, 37

На сегодняшний день парковый ресурс значительного количества энергоблоков ДТЭК Энерго превышен. В частности, это относится к корпусным элементам паровой турбины К-200-130-3 энергоблока № 9 ДТЭК «Луганская ТЭС». Возникает необходимость принятия решения о допустимости дальнейшей эксплуатации. Для этого требуется провести комплексное исследование технологического состояния основного металла и поверочного расчета его наиболее ответственных высокотемпературных элементов. Комплекс таких работ выполнен ранее в 2009 г. Особенностью повторного продления эксплуатации данного энергоблока является сверхпарковая наработка оборудования, наличие повреждений в виде трещин и растрескиваний в корпусах цилиндров высокого и среднего давления, а также активное привлечение оборудования для работы в маневренных режимах при покрытии пиков электрической нагрузки. В работе проведена оценка остаточного ресурса на базе трехмерных моделей корпусов цилиндров высокого (ЦВД) и среднего давления (ЦСД) паровой турбины К-200-130-3 с учетом реальных условий эксплуатации согласно данным поврежденности, полученным по результатам обследования состояния металла энергетического оборудования в плано-предупредительных ремонтах. Расчет температурных полей выполнен для типовых режимов эксплуатации, а именно стационарная работа на номинальной мощности и пуски из холодного, неостывшего и горячего состояний. Краевая задача теплопроводности решалась с применением конечноэлементного метода дискретизации расчетной области. Расчет напряженно-деформированного состояния выполнен с учетом воздействия основных типов усилий – температурные напряжения, неравномерность температурных полей, усилия от давления паровой среды, реакции опор. Максимальные интенсивности напряжений для всех исследованных режимов работы наблюдаются в тороидальной части корпуса в области паровпуска и соответствуют зонам растрескиваний, которые были установлены в ходе неразрушающего контроля металла. Проведенная оценка длительной прочности и сопротивляемости малоциклового усталости показала, что остаточный ресурс корпуса ЦВД является удовлетворительным и позволяет продлить эксплуатацию на 100 тыс. ч при нормативных коэффициентах запаса. Для корпуса ЦСД остаточный ресурс составляет 50 тыс. ч при сниженных коэффициентах запаса.

Ключевые слова: паровая турбина, корпус высокого давления, корпус среднего давления, поврежденность, запас прочности, малоцикловая усталость, длительная прочность, остаточный ресурс.

Введение

Согласно нормативным документам Министерства энергетики и угольной промышленности Украины парковый ресурс паровых турбин К-200-130 ЛМЗ равен 220 тыс. ч при числе пусков 800 [1, 2]. На кафедре теплоэнергетических установок тепловых и атомных электростанций 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, 13–15 ДТЭК «Луганская ТЭС», энергоблоков № 3–9 ДТЭК «Кураховская ТЭС», энергоблока № 10 «Старобешевская ТЭС». По результатам этих работ продлена эксплуатация энергетического оборудования на 50 тыс. ч и 400 пусков по каждому энергоблоку. На сегодняшний день срок продления эксплуатации высокотемпературного энергетического оборудования некоторых энергоблоков истек.

Паровые турбины мощностью 200 МВт блоков № 9–15 Луганской ТЭС были введены в эксплуатацию в 1963–1969 годах. По состоянию на 01.10.2015 года турбины отработали 199661–322672 ч при общем количестве пусков от 687 до 1896 [3].

Возникла необходимость провести повторную оценку индивидуального ресурса корпусов ЦВД и ЦСД паровой турбины К-200-130 блока № 9 ДТЭК «Луганская ТЭС», чтобы определить возможность дополнительного продления эксплуатации. Особенностью повторного продления эксплуатации данного энергоблока является сверхпарковая наработка оборудования, наличие повреждений в виде трещин и

© О. Ю. Черноусенко, Д. В. Рындюк, В. А. Пешко, 2019

растрескиваний в корпусах ЦВД и ЦСД, а также работа оборудования в маневренных режимах (более 1700–2500 пусков из различных тепловых состояний) при покрытии пиков электрической нагрузки.

Целью работы является обоснование допустимости последующей эксплуатации высокотемпературных корпусных элементов турбины энергоблока № 9 Луганской ТЭС.

Анализ результатов контроля металла корпусов высокого и среднего давления

Блок 200 МВт ст. № 9 ДТЕК «Луганская ТЭС» введен в эксплуатацию в составе второй очереди в 1963 г. Нарботка по состоянию на ноябрь 2017 г. составила 329942 ч, количество пусков равно 1704.

За время эксплуатации контроль металла деталей турбины выполнялся в период планово-предупредительных ремонтов. Осуществлялись следующие виды контроля: магнитопорошковая дефектоскопия радиусных переходов верхних и нижних половин ЦВД и ЦСД, стопорных и регулирующих клапанов, радиусных переходов и плоскости горизонтального разъема фланцев и цилиндров; ультразвуковой контроль лопаток роторов, заклепок замковых лопаток, шпилек разъемов ЦВД, ЦСД, защитных и стопорных клапанов; визуальный контроль с травлением галтельных переходов, дисков, рабочих лопаток, валов роторов высокого (ВД) и среднего давления (СД), направляющих лопаток и тела сварной диафрагмы, радиусных переходов верхней и нижней половин ЦВД и ЦСД, стопорных клапанов.

По данным станции фактическая наработка ЦВД составляет 129435 ч и 961 пуск, наработка ЦСД соответствует общей наработке энергоблока (329942 ч и 1704 пуска). В период среднего ремонта Лабораторией металлов и сварки обособленного предприятия «Луганская ТЭС» ООО «ДТЭК Востокэнерго» в 2017 году были обнаружены трещины в ЦВД и ЦСД (Заключение № 44-17-25). В канале паровпуска нижней половины ЦВД отмечены симметричные зоны растрескивания 100×20×12 мм и 110×20×12 мм. Также в зонах крепления обойм диафрагм имеют место трещины длиной 1800 мм, глубиной 4 и 8 мм. В верхней половине ЦВД в зонах крепления обойм диафрагм выявлены трещины длиной 60–230 мм, глубиной 2–5 мм. В нижней половине ЦСД со стороны ЦВД отмечены симметричные зоны растрескивания 150×50×20 мм и 200×50×10 мм. Также имеют место трещины длиной 270 мм, глубиной до 5 мм. В верхней половине ЦСД в районе примыкания холодной части выявлена трещина длиной 1800 мм, глубиной 10 мм. Кроме того, обнаружены сетки трещин размером 200×80×10 мм и 200×100×10 мм со стороны ЦВД. По результатам проведенного технического аудита состояния металла высокотемпературных элементов все обнаруженные дефекты в процессе поверочного расчета, при моделировании геометрии корпусов вносились в проектную конструкцию завода изготовителя.

Расчетная оценка остаточного ресурса корпусных элементов турбины

Моделирование теплового (ТС) и напряженно-деформированного состояний (НДС) элементов паровой турбины К-200-130 блока № 9 ДТЭК «Луганская ТЭС» на стационарных и переменных режимах работы осуществлялось в трехмерной постановке с использованием графических пакетов прикладных программ SolidWorks Simulation согласно [3–4]. 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 ($t_{0мет}=240\text{ }^{\circ}\text{C}$) и из неостывшего состояния НС-2 ($t_{0мет}=410\text{ }^{\circ}\text{C}$). Расчетная оценка проводилась с учетом повреждаемости корпусов путем организации выборки металла в местах образования трещин. Размеры и глубины таких выборок принимались согласно данным контроля металла литых корпусных деталей турбины К-200-130-3 блока № 9 Луганской ТЭС в период капитального ремонта.

Геометрическая модель корпуса ЦВД и ЦСД построена с учетом сложной геометрии с расточками под крепления обойм диафрагм, обойм уплотнений с внутренней стороны корпуса, а также патрубков подвода и отбора пара, фланцев горизонтального разъема, отверстий для установления шпилек и опорных лап. Для фланцев и шпилек корпуса ЦВД организован паровой обогрев по обнизке.

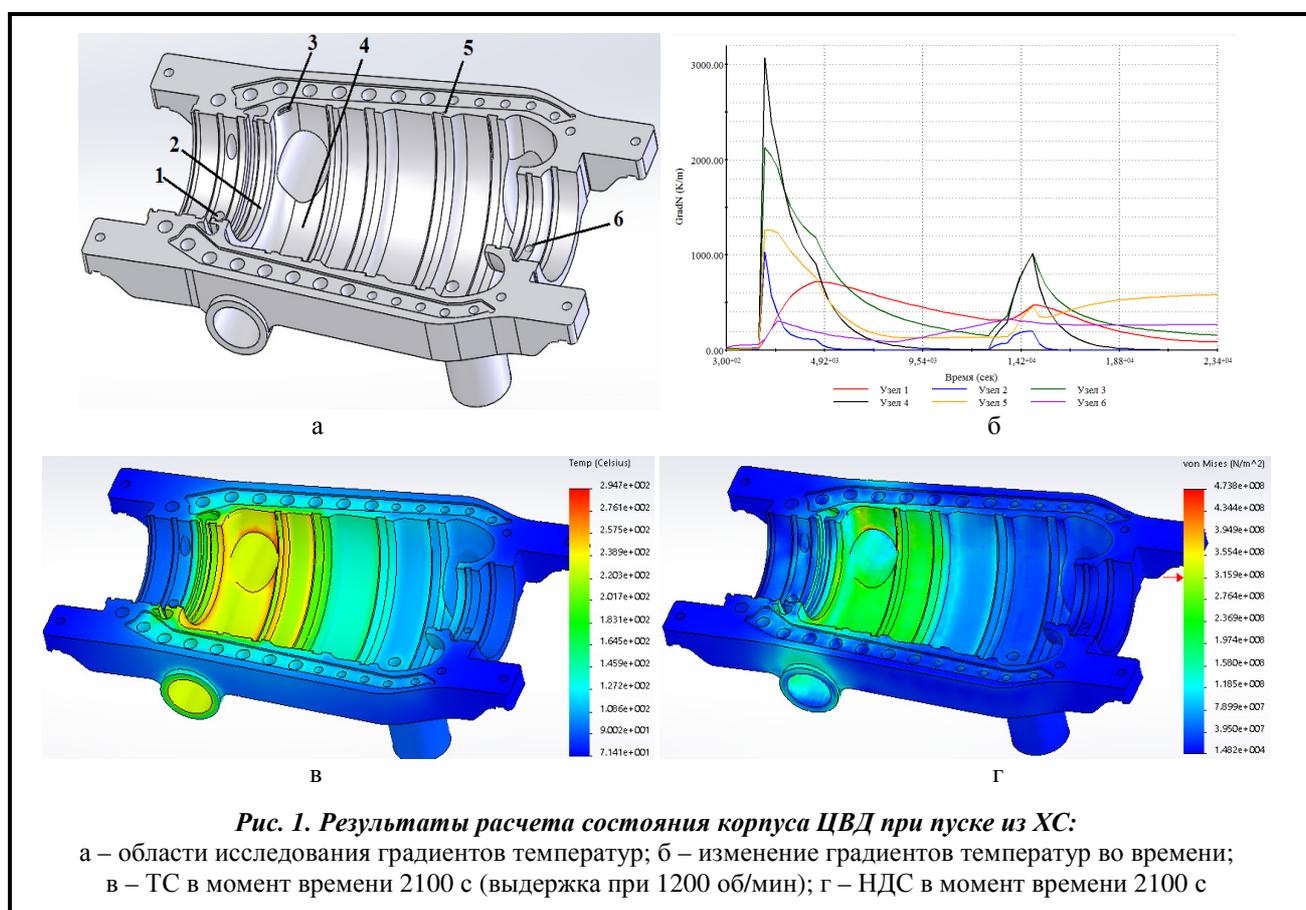
Численное исследование теплового и напряженно-деформированного состояния показало, что определяющий ресурсные характеристики энергетического оборудования уровень суммарных напряжений на номинальном режиме эксплуатации и при пусках из различных тепловых состояний возникает для ЦВД и ЦСД в зоне паровпуска, в местах крепления обойм концевых уплотнений, а также на внутренних поверхностях корпусов в зоне регулирующей ступени и первых трех ступеней давления. К примеру, при пусках из холодного состояния ХС (рис. 1) максимальные значения градиента температур возникают в ЦВД по всем контрольным узлам в начальные этапы пуска (выдержка при 1200 об/мин – 2100 с). Максимальная величина интенсивности условных упругих напряжений от совместного дейст-

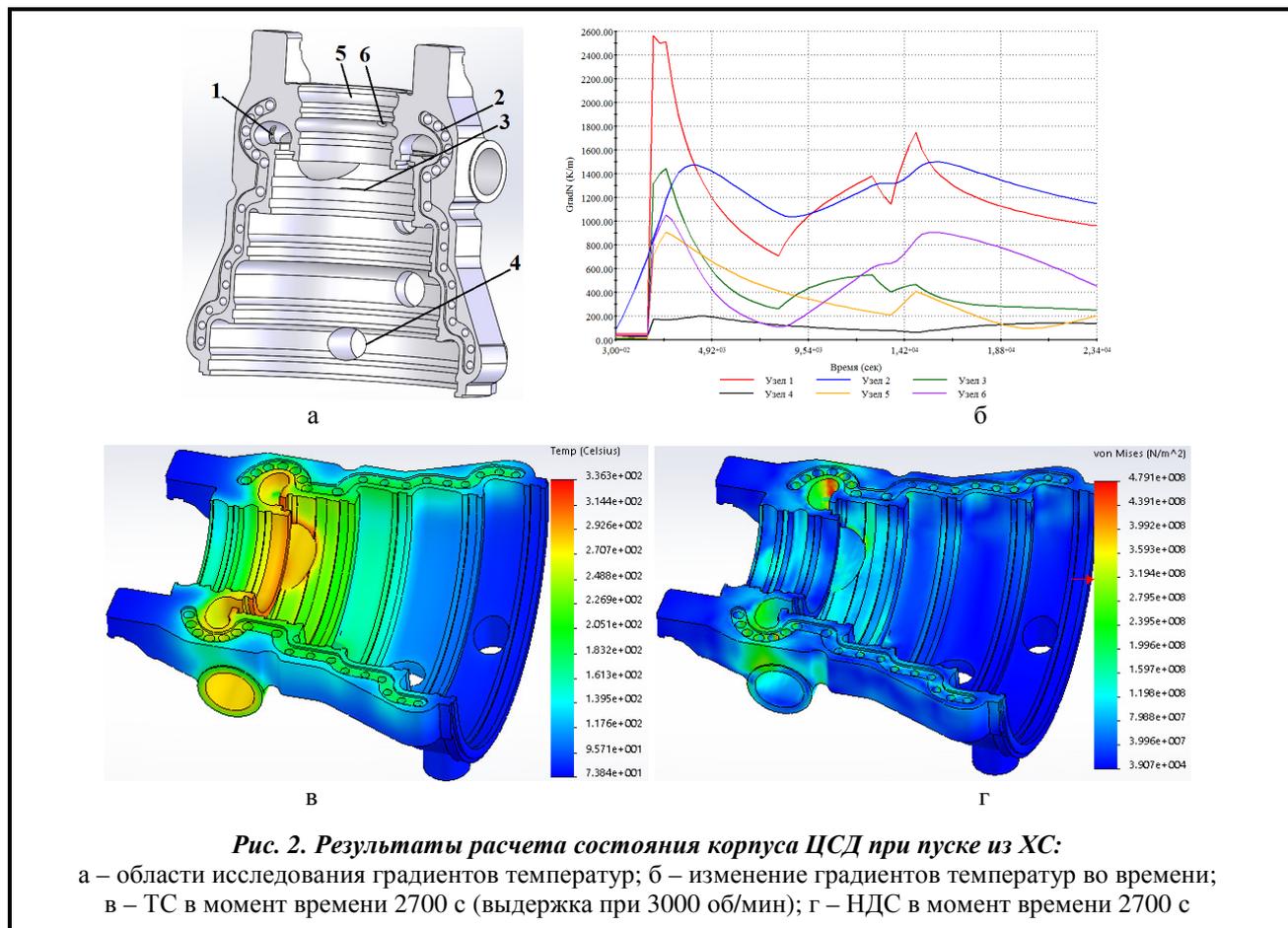
вия разности температуры и действия давления пара в ЦВД отмечена в торообразной части корпуса в зоне растрескивания, где осуществляется переход от стенки корпуса к патрубкам подвода пара, и составляет $\sigma_{\max}=473,8$ МПа, значения температур металла в этих точках не превышают 295 °С.

Для корпуса ЦСД максимальные значения напряжений также возникают при пуске из холодного состояния (рис. 2). Наиболее нагруженными моментами времени являются выдержка на холостом ходу при 3000 об/мин (2700 с) и нагружение до 30 МВт (12600 с). Максимальное значение интенсивностей условных упругих напряжений $\sigma_{\max}=493,3$ МПа корпуса ЦСД находится на внутренней поверхности корпуса в зоне паровпускной части.

Аналогичные расчетные данные были получены для всех типовых эксплуатационных режимов. Эти данные позволили перейти к расчету статической и циклической поврежденности основного металла. Амплитуда деформации согласно [5] определялась по значениям интенсивности деформаций в течение цикла нагружения (исходное состояние – нагружение – номинальный режим – разгрузка – исходное состояние). Число циклов нагружения до появления 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 корпусов, работающих в условиях совместного действия ползучести при различных установившихся режимах и циклических нагрузок при различных переменных режимах, и остаточная наработка до появления трещины $[\tau]_{\text{ост}}$ определялась согласно [6]. При расчетах на малоцикловую усталость исследовались контрольные точки максимальных интенсивностей условных упругих напряжений.

Результаты расчетной оценки малоциклового усталостной прочности металла с учетом повреждаемости корпусов ЦВД и ЦСД путем организации выборок металла в местах образования трещин представлены в табл. 1. В соответствии с рекомендациями [6], при расчетах малоциклового усталости принимаются запасы по числу циклов $n_N=5$ и по деформациям $n_\epsilon=1,5$. Во втором случае эти же коэффициенты приняты на уровне $n_N=3$ и $n_\epsilon=1,25$. Такие значения получены в результате экспериментальных исследований структуры и свойств металла с целью уточнения характеристик длительной прочности и





запасов прочности [8]. Данные работы были выполнены КПИ им. Игоря Сикорского и Институтом проблем прочности НАН Украины на основании образцов корпусной стали ЦВД и ЦСД паровой турбины К-210-130 Кураховской ТЭС «ДТЭК Востокэнерго». Анализ реального состояния стали 15Х1М1ФЛ показал, что деградация ее свойств по числу циклов (до 35%) не превышает допустимой [40%] во всем исследованном диапазоне амплитуд деформаций (от 0,157 до 1,802%). По деформациям допустимый предел снижения циклической прочности [17%] имеет место в диапазоне амплитуд деформации от 0,0 до 0,352%. Следовательно, в указанном диапазоне амплитуд напряжений коэффициенты запаса прочности по числу циклов и деформации могут быть установлены на уровне $n_N=3$ и $n_\epsilon=1,25$.

Уточненное с учетом нормативных коэффициентов запаса прочности допускаемое минимальное число циклов до разрушения составляет 3660 пусков для корпуса ЦВД и 3400 пусков для корпуса ЦСД (табл. 1). С учетом общего количества пусков 961 для корпуса ЦВД остаточное минимальное расчетное число пусков составляет порядка 2699, а для корпуса ЦСД – 1696 (при текущем числе пусков – 1704).

Таблица 1. Расчетная оценка малоциклового усталости металла корпусов

Тип пуска \ расчетный элемент	Температура по толщине стенки корпуса t_{max} , °C	Амплитуда интенсивности напряжений, σ_a , МПа	Приведенная деформация, $\epsilon_{a пр}$, %	Допускаемое число пусков, N_d	
				$n_N=5, n_\epsilon=1,5$	$n_N=3, n_\epsilon=1,25$
НС-2 \ ЦВД	509	185,5	0,10317	9920	16533
НС-1 \ ЦВД	509	256,5	0,12297	4200	7000
ХС \ ЦВД	509	278,5	0,13351	3660	6100
НС-2 \ ЦСД	527	182,5	0,09665	9840	16400
НС-1 \ ЦСД	527	272	0,12334	4020	6700
ХС \ ЦСД	527	266,5	0,12899	3400	5670

Полной статистики по видам пусковых режимов на станции нет. По имеющимся данным, за период с 01.01.2005 г. по 01.01.2008 г. в среднем количество пусков по типу НС-2 составляло 62,75%, НС-1 – 20,5% и из ХС – 16,75%. Можно предположить, что такой режим работы продолжался до настоящего времени. Тогда для корпуса ЦВД пусков по типу НС-2 – 603 (62,75%), НС-1 – 197 (20,5%) пусков и из ХС – 161 пуска (16,75%), всего 961 пуск из различных тепловых состояний. Для корпуса ЦСД пусков по типу НС-2 – 1069 (62,75%), НС-1 – 349 (20,5%) пусков и из ХС – 286 пуска (16,75%), всего 1704 пуска из различных тепловых состояний.

При этом необходимо учитывать, что если энергоблок в период с 2012 по 2017 гг. работал в маневренном режиме (увеличенное количество пусков из неостывшего состояния НС-2 и горячего состояния ГС), то ресурсные характеристики могут существенно ухудшиться согласно проведенной для ДТЭК Энерго работы [3].

С учетом данных по ТС, НДС корпусов ЦВД и ЦСД, а также оценки малоциклового усталости металла (табл. 1) расчетная оценка повреждаемости, остаточной допускаемой наработки в годах и индивидуального остаточного ресурса корпусов ЦВД и ЦСД энергоблока № 9 ДТЭК Луганская ТЭС представлена в табл. 2.

При определении остаточного ресурса корпусов оценка кратковременной статической прочности может выполняться по максимальному значению номинального эквивалентного напряжения σ_s , по рекомендациям [7]. Коэффициент запаса по пределу текучести материала литых корпусов σ_{02}^B при расчетной температуре t на стационарном режиме должен удовлетворять условию $n'_t, n''_t \geq 1,5$ (табл. 2).

Таблица 2. Расчетная оценка повреждаемости и остаточного ресурса корпусов ЦВД и ЦСД паровой турбины К-200-130-3 энергоблока № 9 ДТЭК Луганская ТЭС

Параметры	Формула	Корпус ЦВД		Корпус ЦСД	
Температура металла	$t, ^\circ\text{C}$	509		527	
Интенсивность напряжений	$\sigma_{\text{imax}}, \text{МПа}$	105		104,4	
Предел текучести	$\sigma_{02}^B, \text{МПа}$	210,0		210,0	
Номинальное эквивалентное напряжение	$\sigma_s, \text{МПа}$	114		113	
Запас прочности σ_{imax}	$n'_t = \sigma_{02}^B / \sigma_{\text{imax}}$	2		2,011	
Запас прочности по σ_s	$n''_t = \sigma_{02}^B / \sigma_s$	1,842		1,858	
Общее число пусков	$n_{\text{общ}}$	961		1704	
Общая наработка	$\tau_{\text{общ}}, \text{ч}$	129435		329942	
Коэффициенты запаса	$n_N \setminus n_\epsilon$	5 \ 1,5	3 \ 1,25	5 \ 1,5	3 \ 1,25
Допускаемое число циклов по различным типам пусков	$[N_{pl}] n^{\text{ЦВД}}_{\text{НС-2}=603}, n^{\text{ЦСД}}_{\text{НС-2}=1069}$	9920	16533	9840	16400
	$[N_{pl}] n^{\text{ЦВД}}_{\text{НС-1}=197}, n^{\text{ЦСД}}_{\text{НС-1}=349}$	4200	7000	4020	6700
	$[N_{pl}] n^{\text{ЦВД}}_{\text{ХС}=161}, n^{\text{ЦСД}}_{\text{ХС}=286}$	3660	6100	3400	5670
Циклическая поврежденность	$[\Pi_{\text{ц}}] = \sum n_i / [N_{pl}], \%$	15,17	9,10	27,94	16,76
Допускаемое время	$[t_{pl}], \text{ч}$	$3,7 \times 10^5$	$3,7 \times 10^5$	$3,7 \times 10^5$	$4,7 \times 10^5$
Статическая поврежденность	$[\Pi_{\text{ст}}] = \sum \tau_{\text{общ}} / [t_{pl}], \%$	34,98	34,98	89,17	69,46
Суммарная поврежденность	$[\Pi_{\Sigma}] = [\Pi_{\text{ст}}] + [\Pi_{\text{ц}}], \%$	50,15	44,08	117,11	86,22
Остаточный ресурс	$T_{\text{ост}}, \text{ч}$	128658	164201	<0	52727

Согласно расчетам (табл. 2) следует отметить, что большое текущее число циклов и чувствительность основного металла к переменным режимам устанавливают с учетом нормативных коэффициентов запаса прочности ($n_N=5, n_\epsilon=1,5$), циклическую поврежденность на уровне $\Pi_{\text{ц}}=15,17\%$ для корпуса ЦВД и $\Pi_{\text{ц}}=27,94\%$ для корпуса ЦСД. С учетом статической поврежденности обеспечивается суммарная поврежденность металла корпуса ЦВД $\Pi_{\Sigma}=50,15\%$ и ЦСД – $\Pi_{\Sigma}=117,11\%$. Максимально допустимая суммарная поврежденность металла должна быть меньше 100%, поэтому не допускается последующая эксплуатация корпуса ЦСД с коэффициентами запаса $n_N=5$ и $n_\epsilon=1,5$, а также при допускаемом времени работы металла на уровне 370 тыс. ч согласно [7, 8].

При коэффициентах запаса прочности по количеству циклов и по деформациям на уровне 3 и 1,25, а также допускаемом времени работы металла 370 тыс. ч суммарная поврежденность металла корпуса ЦВД составляет 44%, а корпуса ЦСД – 86% [6, 8]. Запасы кратковременной статической прочности корпусов ЦВД и ЦСД нигде не выходят за пределы допустимых ($n'_t \geq 1,5$), что позволяет их дальнейшую эксплуатацию. Если экспертная комиссия, состоящая согласно [1] из представителей электри-

ческой станции, специализированных и других организаций, может допустить снижение коэффициентов запаса прочности по количеству циклов и по деформациям на уровне 3 и 1,25, а также принять допустимое время работы металла для ЦСД на уровне 475 тыс. ч, то индивидуальный остаточный ресурс корпуса ЦВД составит 164201 ч, а корпуса ЦСД – 52727 ч. Это позволит продлить эксплуатацию корпусов на 50 тыс. ч при числе пусков, равном половине паркового количества, т.е. 400 пусков.

Выводы

1. Расчеты на малоцикловую усталость и статическую поврежденность корпусов ЦВД, ЦСД блока № 9 ДТЭК Луганская ТЭС показали, что суммарная поврежденность металла корпуса ЦВД составляет 44%, а корпуса ЦСД – 86% при коэффициентах запаса прочности по количеству циклов и по деформациям 3 и 1,25, а также допустимом времени работы металла для корпуса ЦВД 370 тыс. ч, а для корпуса ЦСД 475 тыс. ч.

2. Индивидуальный остаточный ресурс металла корпуса ЦВД энергоблока № 9 ДТЭК Луганская ТЭС составляет 128658 ч и является исчерпанным для корпуса ЦСД при нормативных коэффициентах запаса по числу циклов и деформациям, а также при допустимом времени работы металла 370 тыс. ч. Если экспертная комиссия может допустить снижение коэффициентов запаса прочности, а также принять допустимое время работы металла для корпуса ЦСД на уровне 470 тыс. ч, то это позволит продлить эксплуатацию корпусов ЦВД и ЦСД на 50 тыс. ч при числе пусков, равном половине паркового количества, т.е. 400.

3. При повторном продлении эксплуатации корпусов турбин К-200-130 необходимо провести повторно экспериментальные исследования металла на малоцикловую усталость с целью изменения коэффициентов запаса прочности по количеству циклов и деформациям, а также экспериментальные исследования на длительную прочность для уточнения допустимого времени работы металла литых корпусных деталей при дальнейшей эксплуатации послепаркового ресурса.

Литература

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. К.: ГРІФРЕ: М-во палива та енергетики України, 2005. 76 с.
2. СОУ-Н МЕНВ 40.1-21677681-52:2011 Визначення розрахункового ресурсу та оцінки живучості роторів та корпусних деталей турбіни: методичні вказівки / М. Г. Шульженко. Міненерговугілля України. Офіц. вид. 2011. 24 с.
3. Черноусенко О. Ю., Пешко В. А. Вплив роботи енергоблоків ТЕС в маневреному режимі на вичерпання ресурсу енергетичного обладнання. *Вісн. НТУ «ХП»*. Сер. Енергетичні та теплотехнічні процеси й устаткування. 2016. № 10(1182). С. 6–17. <https://doi.org/10.20998/2078-774X.2016.10.01>
4. 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». *Вісн. НТУ «ХП»*. Сер. Енергетичні та теплотехнічні процеси й устаткування. 2017. № 9(1231). С. 34–40. <https://doi.org/10.20998/2078-774X.2017.09.05>
5. Черноусенко О. Ю., Пешко В. А. Оценка малоцикловой усталости, поврежденности и остаточного ресурса ротора высокого давления турбины Т-100/120-130 ст. № 1 ПАО «Харьковская ТЭЦ-5». *Вісн. НТУ «ХП»*. Сер. Енергетичні та теплотехнічні процеси й устаткування. 2017. № 10 (1232). С. 29–37. <https://doi.org/10.20998/2078-774X.2017.10.04>
6. РТМ 108.021.103. Детали паровых стационарных турбин. Расчет на малоцикловую усталость. М., 1985. № АЗ–002/7382. 49 с.
7. 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. М., 1996. 98 с.
8. Peshko V., Chernousenko O., Nikulenkova T., Nikulenkov A. 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. Vol. 5. Iss. 4. P. 302–309. <https://doi.org/10.1016/j.jprr.2016.11.008>

Поступила в редакцию 28.02.2019

Повторне продовження експлуатації литих корпусів турбін 200 МВт**Черноусенко О. Ю., Риндюк Д. В., Пешко В. А.**

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»,
03056, Україна, м. Київ, пр. Перемоги, 37

На сьогодні парковий ресурс значної кількості енергоблоків ДТЕК Енерго перевищено. Зокрема, це стосується корпусних елементів парової турбіни К-200-130-3 енергоблока № 9 ДТЕК «Луганська ТЕС». Виникає необхідність прийняття рішення про допустимість подальшої експлуатації. Для цього потрібно провести комплексне дослідження технологічного стану основного металу і перевірконого розрахунку його найбільш відповідальних високо-температурних елементів. Комплекс таких робіт виконано раніше в 2009 р. Особливістю повторного продовження експлуатації даного енергоблока є надпаркове напруження обладнання, наявність пошкоджень у вигляді тріщин і розтріскування в корпусах циліндрів високого та середнього тиску, а також активне залучення обладнання для роботи в маневрених режимах під час покриття піків електричного навантаження. У роботі проведена оцінка залишкового ресурсу на базі тривимірних моделей корпусів циліндрів високого (ЦВТ) і середнього тиску (ЦСТ) парової турбіни К-200-130-3 з урахуванням реальних умов експлуатації згідно з даними пошкодження, отриманими за результатами обстеження стану металу енергетичного устаткування в планово-попереджувальних ремонтах. Розрахунок температурних полів виконаний для типових режимів експлуатації, а саме стаціонарна робота на номінальній потужності і пуски з холодного, неостиглого і гарячого станів. Крайова задача теплопровідності розв'язувалася із застосуванням скінченноелементного методу дискретизації розрахункової області. Розрахунок напружено-деформованого стану виконаний з урахуванням впливу основних типів зусиль – температурні напруження, нерівномірність температурних полів, зусилля від тиску парового середовища, реакції опор. Максимальні інтенсивності напружень для всіх досліджених режимів роботи спостерігаються в тородальній частині корпусу в області паровпуску і відповідають зонам розтріскувань, які були встановлені в ході неруйнівного контролю металу. Проведена оцінка тривалої міцності і опірності малоциклової втоми показала, що залишковий ресурс корпусу ЦВТ є задовільним і дозволяє продовжити експлуатацію на 100 тис. год за нормативних коефіцієнтів запасу. Для корпусу ЦСТ залишковий ресурс становить 50 тис. год за знижених коефіцієнтів запасу.

Ключові слова: парова турбіна, корпус високого тиску, корпус середнього тиску, пошкодженість, запас міцності, малоциклова втома, тривала міцність, залишковий ресурс.