

УДК 621.165.62-192

О.Ю. ЧЕРНОУСЕНКО, канд. техн. наук

*Национальный технический университет Украины
«Киевский политехнический институт»,
г. Киев, Украина, e-mail: cher_olya@2c.kiev.ua*

ОСТАТОЧНЫЙ РЕСУРС ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПАРОВОЙ ТУРБИНЫ К-200-130 ЛМЗ

Запропоновано оцінку залишкового ресурсу парової турбіни К-200-130 ЛМЗ Луганської ТЕС з визначенням пошкодженості, живучості та терміну експлуатації високотемпературних елементів парової турбіни К-200-130 ЛМЗ для характерних режимів роботи енергоблоку. Узагальнено розрахункові дані по залишкових термінах експлуатації та експлуатаційних пошкодженнях парових турбін енергоблоків №11, 13–15, що працювали в різних експлуатаційних умовах.

The enrichment and analysis of the calculated estimation of leavingal resource of steam turbine К-200-130 №11, 13–15 is offered with calculating heat state (HS), stressed-deformed state (SDS), and little cycle of lassitude of hightemperature elements of CHP and CMP for exploitation modes energy blokes.

Проведена оценка остаточного ресурса турбины К-200-130-1,3 № 11, 13–15 Луганской ТЭС согласно нормативных документов [1–3]. При оценке поврежденности високотемпературных элементов паровых турбин в расчетных 3D пространственных аналогах элементов ЦВД и ЦСД в местах появления трещин и зон растрескиваний смоделированы выборки металла согласно данным последнего визуального контроля. В роторах ЦВД и ЦСД 3D пространственные аналоги согласованы с ремонтно-восстановительными мероприятиями по методике проточки канавок и галтелей дисков ступеней [4–7].

Паровые турбины мощностью 200 МВт К-200-130-1,3 № 11, 13–15 Луганской ТЭС (ЛТЭС) были введены в эксплуатацию в 1963–1969 годах. По состоянию на апрель 2008 года отработали 238329–280387 часов при общем количестве пусков для блоков № 11, 13–15 от 1027 до 1277. Полной статистикой пусков турбины из различных тепловых состояний станция не располагает. Пуски после 6–10 часов простоя приравниваются к пускам НС-2, пуски после 15–20 и 30–35 часов простоя названы пусками НС-1, а пуски после 50–60 часов простоя и из холодного состояния приравниваются к пускам из ХС.

Используя статистику пусков по данным ЛТЭС для энергоблоков ст. № 11, 13–15 ЛТЭС, можно определить данные по распределению количества пусков по типам из различных тепловых состояний (см. таблицу).

Таблица. Характеристика работы паровых турбин К-200-130-1,3 ЛТЭС

Блок №	Ввод в эксплуатацию	Наработка, час	Общее число пусков, шт	Статистика пусков, шт
11	1963 г.	280387	1216	НС-2661; НС-1...263; ХС...292;
13	1968 г.	246901	1277	НС-2748; НС-1...250; ХС...279;
14	1968 г.	238329	1085	НС-2646; НС-1...180; ХС...259;
15	1969 г.	246395	1027	НС-2619; НС-1...170; ХС...238;

Расчетная оценка малоциклового усталости высокотемпературных элементов паровой турбины К-200-130-1,3 ст. № 11, 13–15 ЛТЭС проводилась по ранее полученным результатам теплового, напряженно-деформированного состояния роторов, корпусов ЦВД, ЦСД и корпусов клапанов АСК ЦВД и АЗК ЦСД для пусковых режимов по типу НС-1, НС-2 и ХС. В расчетах на малоцикловую усталость принимался запас по числу циклов $n_N = 5$ и по деформациям $n_\epsilon = 1,5$. Уменьшенные коэффициенты запаса прочности по числу циклов и деформации (на уровне $n_N = 3$ и $n_\epsilon = 1,25$) применялись для таких элементов паровой турбины, у которых минимальное допустимое число пусков до появления трещин было ниже общего эксплуатационного числа пусков. Такой подход автор считает возможным ввиду использования в расчетах согласно [2] консервативного подхода к определению допустимого числа пусков как меньшего из всех возможных типов пусков из НС-2, НС-1 и ХС и экспериментальных исследований по влиянию старения на изменение физико-механических свойств конструкционных легированных сталей [5].

Оценка остаточного ресурса на базе определения поврежденности, остаточной допускаемой наработки в годах и индивидуального ресурса роторов и корпусов ЦВД и ЦСД паровой турбины К-300-130-1,3 № 11, 13–15 ЛТЭС представлена на рисунке.

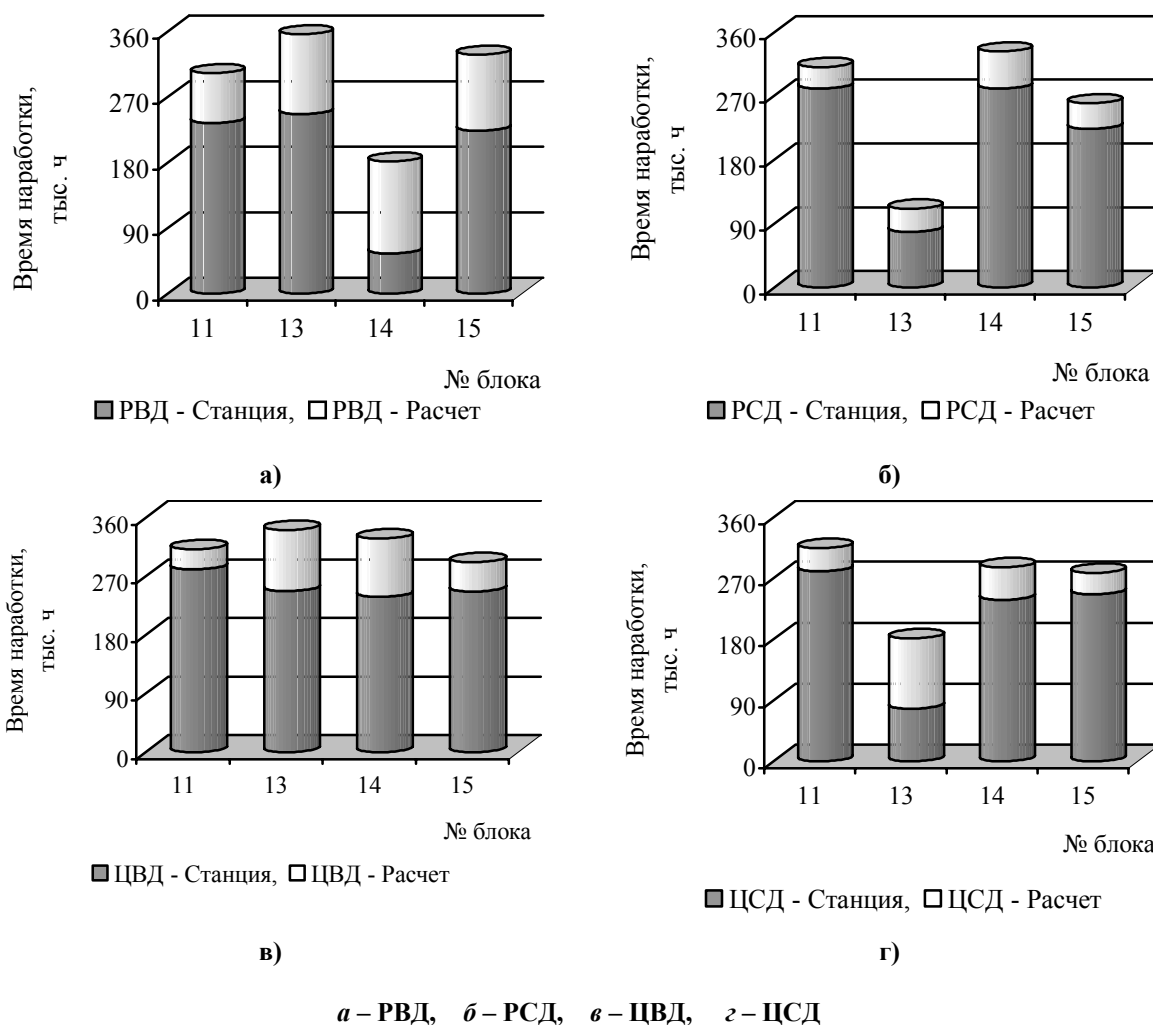


Рис. Нарботка (серый цвет) и остаточный ресурс (белый цвет) элементов турбины К-200-130 ЛМЗ энергоблоков № 11, 13–15 ЛТЭС

Расчетная поврежденность РВД турбины № 11, 13–15 ЛТЭС составляет порядка 41 %, 23,92 %, 5,54 % и 30,30 %, а РСД находится на уровне 81 %, 21,27 %, 47,83 % и 56 %, соответственно. Допустимое дополнительное расчетное число пусков для РСД составит порядка 284, 1819, 515 и 717 пусков. Остаточный ресурс имеет самые низкие значения для турбины № 11 и составляет для РВД 68722 часа и для РСД 30163 часа. Поврежденности корпусов ЦВД за прошедший срок эксплуатации турбин № 11, 13–15 составляют 86,85 %, 41,34 %, 34,92 % и 42,25 %. А корпуса ЦСД № 11 повреждены на 71,52 %, № 13 – на 35,61 %, № 14 – на 50,17 %, № 15 – на 52,54 %. Допустимое дополнительное расчетное число пусков для корпусов ЦСД составит порядка 484–958 пусков, а для корпусов ЦВД это число пусков равно 517–1390 пускам. Поврежденность корпусов стопорных клапанов энергоблоков № 11, 13–15 лежит в пределах от 10,56 % до 15,58 %, а поврежденность в защитном клапане АЗК ЦСД находится в диапазоне от 10,27 % до 12,77 %.

Выводы

Для повышения надежности элементов турбины, уменьшения температурных нагрузок и улучшения качества эксплуатации необходимо внедрить следующие мероприятия:

1. Оптимизировать пусковые режимы. При пусковых режимах из неостывшего состояния по типу НС-2 нагружение производить по графику НС-1 с повышением предтолчковой температуры свежего пара и пара промперегрева до 450–500 °С. Оптимизировать количество пусков по типу ХС в сторону уменьшения.

2. Для предотвращения попадания конденсата в нижнюю часть ЦВД и ЦСД при пусковых и остановочных режимах внедрить дополнительные мероприятия по повышению надежности работы дренажей.

3. Провести модернизацию системы контроля основных параметров турбины с регистрацией параметров, влияющих на надежность турбины.

4. Внедрить системы мониторинга виброактивности турбоагрегатов с диагностикой состояния элементов валопровода, в том числе и на наличие трещин в роторе.

5. Внедрить системы контроля и технической диагностики теплового и напряженно-деформированного состояния роторов высокого и среднего давления, а также корпусов ЦВД и ЦСД, АСК ЦВД, АЗК ЦСД, основанные на моделировании теплового (ТС) и напряженно-деформированного состояния (НДС) оборудования в реальном времени.

6. С целью уточнения запасов прочности металла корпусов и роторов ЦВД и ЦСД по деформациям n_ϵ , числу циклов n_N , по пределам текучести n_T и запасов по номинальным напряжениям $n_{дп}$ проводить исследования по влиянию старения на изменение физико-механических свойств конструкционных легированных сталей при эксплуатационных и повышенных температурах.

7. При каждом следующем плановом продлении эксплуатации для оборудования, проработавшего более 220 тыс. часов, проводить оценку остаточного ресурса высокотемпературного оборудования паровой турбины К-200-130-3.

- ● Экспериментальное исследование согласно НД – при ППР – 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 конструкционных легированных сталей при эксплуатационных температурах.
- ● Поверочный расчет остаточного 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 высокотемпературного оборудования паровых турбин с указанием возможности продления эксплуатации сверх паркового 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.

2. РТМ 108.021.103. Детали паровых стационарных турбин. Расчет на малоцикловую усталость. – М., 1985, № АЗ-002/7382. – 49 с.

3. 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.

4. Черноусенко О.Ю. Расчетное исследование индивидуального ресурса корпусных деталей турбин (ЦВД, ЦСД, корпусов стопорных клапанов) и роторов К–200-130 блока 200 МВт // Энергетические и теплотехнические процессы и оборудование. Вестник НТУ «ХПИ»: Сб. научн. трудов. – Харьков: НТУ «ХПИ», 2007. – № 2. – С. 64-70.

5. Черноусенко О.Ю. Обобщение и анализ результатов расчетного исследования индивидуального ресурса корпусов и роторов ЦВД и ЦСД турбины К–200-130 блока 200 МВт // Энергетические и теплотехнические процессы и оборудование. Вестник НТУ «ХПИ»: Сб. научн. трудов. – Харьков: НТУ «ХПИ», 2008. – № 6. – С. 107-111.

6. Расчетное определение малоциклового усталости высокотемпературных элементов паровой турбины мощностью 200 МВт с применением программного комплекса ANSYS И COSMOSWorks / Е.М. Письменный, О.Ю. Черноусенко, Е.В. Стефан, Д.В. Рындюк, Д.С. Третяк // Вестник НТУУ «КПИ», Машиностроение. – К.: НТУУ «КПИ». – 2008. – С. 188-195.

7. Черноусенко О.Ю. Усталостные повреждения роторов ЦВД и ЦСД паровых турбин К-200-130-3 на ТЭС Украины / О.Ю. Черноусенко, А.В. Антонович, Н.Г. Кришук, М.В. Космина, М.О. Долгих // Энергетические и теплотехнические процессы и оборудование. Вестник НТУ «ХПИ»: Сб. научн. трудов. – Харьков: НТУ «ХПИ», 2007. – № 2. – С. 77-82.

© Черноусенко О.Ю., 2009