

Е. В. Леонтьев, В. Н. Голошумова, Ю. М. Бродов

Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург

zhenya.leontiew@yandex.ru

АНАЛИЗ И ПОВЫШЕНИЕ РЕСУРСА ЭКСПЛУАТАЦИИ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫХ УЗЛОВ ТУРБИН, РАБОТАЮЩИХ ПРИ СВЕРХКРИТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРАХ ПАРА

В работе поднимаются проблемы повышения надежности элементов паровых турбин. Изложена актуальность проведения исследования оценки остаточного ресурса элементов паровых турбин по критерию малоциклового усталости. Выявлено, что для повышения надёжности и экономичности высокотемпературных элементов паровых турбин необходима разработка методик диагностики и мероприятий, которые могли бы обеспечить сокращение затрат на эксплуатацию и ремонт.

Ключевые слова: повышение надежности; малоцикловая усталость; остаточный ресурс; высокотемпературные элементы; трещина.

E. V. Leontyev, V. N. Goloshumova, Yu. M. Brodov

Ural Federal University, Ekaterinburg

ANALYSIS AND SERVICE LIFE INCREMENT OF HIGH-TEMPERATURE SUPERCRITICAL TURBINE UNITS

The paper raises the reliability improvement problems of steam turbine units. The topicality of conducting research on the remaining lifetime of steam turbine units according to the criterion of low-cycle fatigue is outlined. It was identified to improve the reliability and efficiency of high-temperature units of steam turbines, it is necessary to develop a diagnostic method and measures that could reduce the cost of operation and repair.

Keywords: reliability growth; low-cycle fatigue; remaining lifetime; high temperature units; rupture.

В современном мире постоянно растет потребность в электроэнергии. В связи с этим возникает проблема необходимости ввода в эксплуатацию новых мощностей. Помимо этого возникают сложности по обеспечению длительной и, в то же время, безаварийной работы энергоустановок.

Длительная эксплуатация мощных паротурбинных установок (ПТУ) в значительной степени определяется в долгосрочной работе высокотемпературных элементов паровой турбины (ПТ), таких как, ротор высокого (РВД), а в случае наличия промежуточного перегрева (ПП) пара еще и ротор средних давлений (РСД), корпуса цилиндров ВД и СД, трубопроводы свежего пара и пара ПП. Для конкретного типа ПТ необходимо выявить «критические» элементы. Одной из самых распространенных проблем, связанной с надёжностью критических элементов, является образование микротрещин. Они возникают по механизму малоциклового (термической) усталости.

Одна из версий процесса зарождения трещин по механизму малоциклового усталости описана в [1]: на переходных режимах, когда поверхность ротора интенсивно прогревается, а температура внутренних слоёв ниже, в роторе возникают температурные напряжения, которые могут привести к появлению остаточных пластических деформаций, сопровождающихся ползучестью. Величина этих деформаций зависит от длительности переходного режима.

Наибольшую опасность представляют зоны в критических элементах, в которых возможно сочетание нескольких факторов, влияющих на надёжность и выработку ресурса. Примером таких зон является зона рабочего колеса регулирующей ступени РВД. В тепловых канавках РВД может происходить накопление повреждений и от ползучести, от малоциклового усталости, от многоциклового усталости [2, 3]. Поэтому задача, связанная с разработкой методик оценки надёжности роторов численными экспериментами с учетом всех перечисленных факторов, остается актуальной.

Стареющий парк паровых турбин имеет время наработки 220 тысяч часов (после двухкратного продления). Поэтому

актуальной задачей является уточнение ресурса РВД за счет учета дополнительной поврежденности от малоциклового усталости. Кроме того, расчетные оценки выработки ресурса и остаточной долговечности роторов часто проводятся на основании режимов эксплуатации, рекомендуемых инструкциями. Такие оценки проводятся при проектировании и рекомендуются руководящими техническими материалами, как правило, гарантируют высокую надежность с высокими коэффициентами запаса на весь срок эксплуатации машины. Однако реальные режимы эксплуатации зачастую существенно отличаются от рекомендуемых и являются фактически индивидуальными как для станции, так и для турбоагрегата.

В качестве предмета исследования выбрана паровая турбина – Т-295/335-23,5 (Т-295) производства АО «Уральский турбинный завод». Она предназначена для замены турбин типа Т-250/300-240 (Т-250), отработавших на ТЭЦ от 25 до 45 лет. Параметры свежего пара заменяющих турбин – 23,5 МПа, 565 °С; температура промежуточного перегрева пара – 565 °С. По требованию заказчика предусмотрено обеспечение ресурса высокотемпературных узлов турбины не менее 250 тыс. ч. Валопровод турбины Т-295/335-23,5 состоит из четырех гибких роторов, в том числе из цельнокованных роторов высокого и среднего давлений (РВД, РСД-1, РСД-2) и ротора низкого давления (РНД) с насадными дисками. Высокотемпературные ротора ВД и СД-1 – цельнокованные и выполнены из стали 12Х10В1М1ФБА.

Малоцикловая усталость металла РВД и РСД-1 теплофикационной турбины Т-295 будет определена по существующей методике [4].

Решение поставленной задачи предполагается произвести в несколько этапов:

- аналитическое определение малоциклового усталости металла РВД и РСД-1 теплофикационной турбины Т-295/335-23,5;
- разработка методики расчетной оценки малоциклового усталости РВД и РСД-1 теплофикационной турбины Т-295/335-23,5 с применением программного комплекса ANSYS;

- определение «критического элемента» для теплофикационной турбины Т-295/335-23,5;
- проведение исследования малоциклового усталости с применением программного комплекса ANSYS при новой линейке материалов для РВД;
- разработка конструктивных предложений, обеспечивающих увеличение назначенного ресурса для реконструируемых высокотемпературных узлов до 300 000 часов.

Список использованных источников

1. Костюк А. Г. Динамика и прочность турбомашин : учебник для вузов. 3-е изд., перераб. и доп. М. : Изд. дом МЭИ, 2007. 474 с.
2. РД 153-34.1-17.454-98 Методические указания по контролю тепловых канавок и галтельных переходов роторов паровых турбин ТЭС вихретоковым дефектоскопом «ЗОНД ВД-96». М. : АООТ «ВТИ», 1999. 11 с.
3. РД 10-577-03. Типовая инструкция по контролю металла и продлению срока службы основных элементов котлов, турбин и трубопроводов тепловых электростанций. М. : Госгортехнадзор России, 2003. [Электронный ресурс]. URL: <http://base.garant.ru/12131469/> (дата обращения: 20.11.2018)
4. РТМ 108.021.103-85. Детали паровых стационарных турбин. Расчет на малоцикловую усталость. М. : Минэнергомаш, 1985. 49 с.