

УДК 620.19

**ТЕХНИЧЕСКАЯ ДИАГНОСТИКА ТУРБИН ТЕПЛОВЫХ СТАНЦИЙ  
ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ СРОКА СЛУЖБЫ****Генералов Леонтий Константинович**

канд. тех. наук

Владимирский государственный университет, Владимир

**Мочалова Марина Ивановна**

директор

**Генералов Александр Леонтьевич**

главный инженер

ООО «Теплотехника-Центр», Владимир

*author@apriori-journal.ru*

**Аннотация.** Рассмотрены практические методы технической диагностики турбины тепловой электростанции и приведены результаты исследования. Проведен анализ результатов диагностики, дана оценка состояния элементов конструкции турбины и прогноз дальнейшей эксплуатации.

**Ключевые слова:** турбина, теплоэлектростанция, диагностика, дефектоскопия, микроструктура металла.

---

**TECHNICAL DIAGNOSTICS OF TURBINES  
OF THERMAL STATIONS FOR LIFE PREDICTION****Generalov Leonty Konstantinovich**

candidate of tech. sciences

Vladimir state University, Vladimir

**Mochalova Marina Ivanovna**

director

**Generalov Alexander Leontyvich**

chief engineer

LLC «Heat Center», Vladimir

**Abstract.** Practical methods for technical diagnostics of turbine thermal power plant and results of research are described. The analysis of the results of the diagnosis, assesses the condition of the structural elements of the turbine and the forecast of further exploitation.

**Key words:** turbine, power plant, diagnostics, nondestructive testing, microstructure of metal.

Проведение технической диагностики турбин и других конструктивных элементов теплоэлектростанций (ТЭЦ), выполняется в соответствии с правилами по безопасной эксплуатации объектов, трубопроводов пара и горячего водоснабжения. Определение индивидуального ресурса турбин и трубопроводов регламентировано типовыми инструкциями, включающими контроль металла, из которого изготовлены элементы системы. Особую актуальность данный контроль приобретают при продлении срока службы энергетической установки, поскольку эти данные являются основанием для принятия решения о дальнейшем использовании проверяемого объекта и представляют интерес для проектировщиков ТЭЦ.

Оценка состояния металла турбины, после истечения установленного срока эксплуатации, выполняется по индивидуальной программе с учетом требований руководящих документов, включающих различные виды контроля, в том числе и микроструктурные исследования.

Рассмотрим на примере Дягилевской ТЭЦ, снабжающей энергией и теплом г. Рязань, результаты диагностирования паровой турбины Т – 50-130, рассчитанной для работы с параметрами свежего пара 13 МПа, 565 С°. Изготовлена турбина в 1977 году и имеет наработку 211892 часа.

В процессе диагностики проведен визуально – измерительный контроль корпусных деталей турбины, включая корпус и крышку цилиндра высокого давления (ЦВД), корпус и крышку цилиндра низкого давления (ЦНД), корпуса регулирующих клапанов ЦВД, корпус стопорного клапана. Контроль проведен на участках заварных выборок, которые проводились для удаления трещин, обнаруженных на этапах предыдущего контроля металла.

При проведении осмотра корпусных деталей турбины особое внимание уделялось паропропускным и пароотводящим патрубкам, радиусным переходам на наружной и внутренней поверхностях клапанов, кольцевой зоне верхней части цилиндра и основания, подсопловым ко-

робкам, углам расточки под диафрагмы и обоймы, поверхности фланцевого разъема и отверстий для шпилек. Затем проведен контроль металла двух литых колен паропропускных труб ЦНД, включая сварные соединения колен, а также контроль металла двух сварных соединений паропропускных труб ЦВД к регулирующим клапанам.

Визуальный контроль показал наличие множества трещин на элементах ЦВД и ЦНД., но при проведении дополнительной цветной дефектоскопии, в местах где визуально не обнаружены дефекты, расслоений и трещин не обнаружено.

Затем проверялась твердость металла наружной поверхности ЦВД и ЦНД, стопорных клапанов, регулирующих клапанов ЦВД турбины в местах зачистки под цветную дефектоскопию. Твердость оказалась на нижнем пределе значений.

На следующем этапе проведен визуальный контроль ротора высокого и низкого давления. Контроль ротора высокого давления, включал осмотр цельнокованого вала высокого давления, концевых частей вала, шеек, гребней, галтелей, полотен дисков, разгрузочных отверстий, тепловых канавок промежуточных, концевых и диафрагменных уплотнений, полумуфт, диафрагм и направляющих лопаток, а также рабочих лопаток и бандажи отдельных ступеней в доступных местах. Осмотр показал, что на пятнадцати лопатках первой ступени первого венца обнаружена деформация выходной кромки с отклонением от профиля до 5 мм. На всех лопатках имеются следы коррозии с диаметром язв 0,5-2 мм и плотностью от 2 до 10 очагов на см<sup>2</sup>. На 44 лопатках второй ступени обнаружены незначительные следы замятия выходных кромок. На лопатках девятой ступени обнаружены следы ударно - капельной эрозии на выходных кромках глубиной до 0,5 мм.

Оценка качества ротора низкого давления, заключалась в визуальном-измерительном контроле цельнокованого вала низкого давления, включающего контроль концевых частей вала, шеек вала, кольцевых

проточек, гребней, галтелей, полотен дисков, разгрузочных отверстий, тепловых промежуточных канавок, концевых и диафрагменных уплотнений, двух полумуфт, а также насадных дисков среднего и низкого давления, включая полотна самих дисков, разгрузочных отверстий, обода, гребня, кромок заклепочных отверстий, галтелей и ступеней вала.

Контролю подвергались рабочие лопатки и бандажи ступеней в доступных местах, а именно паровходные и выходные кромки по всей рабочей части лопаток, радиусные переходы в корневом сечении лопаток наружные, боковые, и внутренние поверхности ленточного бандажа, кромки отверстий проволочного бандажа, хвостовики.

В результате контроля обнаружены участки коррозии металла на полотнах дисков с десятой по пятнадцатую ступени, а с шестнадцатой по двадцатую ступени – сплошная коррозия с образованием отдельных коррозионных язв диаметром до 4 мм и глубиной до 1 мм; на ленточных бандажах с десятой по семнадцатую ступень имеются коррозионные язвы диаметром от 0,1 до 1 мм плотностью до 10 язв на см<sup>2</sup>; на лопатках двадцать пятой ступени- эрозионный износ кромок.

В металле балансировочного элемента двадцать пятой ступени, со стороны выхода пара, обнаружен значительный эрозионный износ. Остаточная толщина металла балансировочного элемента до головки винта составила 2 мм.

На выходных кромках двух лопаток двадцать четвертой ступени обнаружен зазор между лопаткой и элементом стеллитовой пластины.

В отверстиях под призонные болты обнаружены незначительные продольные и поперечные риски и задиры разной протяженности и глубиной от 0,1 до 0,4 мм.

На остальных элементах ротора низкого давления дефекты не обнаружены.

Контроль микроструктуры проводился для всех зон термического влияния сварных соединений элементов паропропускных труб от авто-

матического затвора ЦВД до главного паропровода. В материале турбины произошли изменения с образованием дисперсных карбидов по границам зерен, а также сфероидизация перлитной составляющей, соответствующая 4 баллу по шкале стандартов [1].

В зоне термического влияния сварных швов обнаружены цепочки пор размером 1-2,5 мкм, что соответствует 4 баллу микроповреждаемости [1]. У ряда сварных швов обнаружены единичные поры ползучести размером до 2,0 мкм по границам зерен и 2 балл микроповрежденности.

В соответствии с руководящими документами [2], регламентирующими экспрессивный метод оценки остаточного ресурса сварных соединений коллекторов котлов и паропроводов, по структурному фактору, истощение ресурса соответствует 0,8. Исходя из рекомендаций табл. 6 [2] периодичности проведения эксплуатационного контроля для состояния микроструктур сварных соединений с 4 баллом микроповреждаемости эксплуатация сварного шва может быть продлена на 7000 часов.

Для швов, истощение ресурса которых равно 0,65, с микро поврежденностью 2 балла, срок службы может быть продлен на 25000 часов.

В микроструктуре металла гибов и прямых участков трубы наблюдается распад бейнита и перлита с выделением карбидов по границам зерен и выявлены поры без определенной ориентации. Микро поврежденность соответствует 2 баллу по одноименной шкале. В итоге работу гибов можно продлить дополнительно на 25000 часов.

Контроль микроструктуры металла корпуса ЦВД проводился в зоне образования трещин в непосредственной близости к разъему с двух сторон. В микроструктуре обнаружен распад бейнита и перлита с выделением карбидов по телу зерна и размытые границы зерен.

При проведении контроля микроструктуры корпуса клапана автоматического затвора, в зонах радиусных переходов левого и правого патрубков, наблюдался распад бейнита и перлита с выделением мелких карбидов в виде цепочек по границам зерен. Обнаружены отдельные

поры размером 2-3 мкм. Микро поврежденность соответствует 2 баллу по шкале микроповреждаемости. По состоянию микроструктуры корпуса ЦВД и клапана автоматического затвора оказалось возможным продление срока службы турбины.

Выполненное техническое диагностирование турбины Т-50-130 производственного подразделения «Дягилевская ТЭЦ» показало:

1. На литых деталях турбины (ЦВД, ЦНД, стопорный клапан и регулирующие клапана) обнаружено множество трещин и выборок металла, которые согласно требованиям СО 155-34.17.440-2003 , приложения «Т» можно оставить без заварки на цилиндрах там, где толщина стенки уменьшилась не более чем на 30 %, на клапанах не более чем на 25 % и в зоне патрубков не более 15 %.
2. Требуется переварить сварной шов приварки гйба паропропускной трубы ЦВД к регулирующему клапану с установкой штуцера или заменой всего гйба.
3. Выявленные дефекты лопаток(зоны отсутствия металла, забоины эрозионный и коррозионный износ) с помощью дефектоскопии были частично устранены или оставлены в эксплуатации как допустимые.
4. Роторы высокого и низкого давления в удовлетворительном состоянии и могут находиться в дальнейшей эксплуатации на расчетных параметрах.
5. Обнаружены дефекты на четырех диафрагмах и направляющих лопатках РВД И РНД.
6. Состояние металла дисков и полумуфт удовлетворительное.
7. При контроле шпилек и гаек обнаружены механические повреждения трех шпилек, имеющих недопустимую твердость и одной гайки разъема ЦВД. Недопустимая твердость оказалась у двадцати четырех шпилек и двадцати семи гаек паропропускных труб ЦВД.
8. Обнаружена недопустимая твердость трех призонных болтов РВД-РНД.

9. Микроструктура металла корпусов клапана автоматического затвора и ЦВД, сварных соединений, прямых участков и гибов паропропускных труб от автоматического затвора к ЦВД, главного паропровода в пределах турбины и полотна дисков первой ступени ротора высокого давления удовлетворительная. Сварное соединение приваркигиба паропропускной трубы ЦВД к регулирующему клапану в связи с образованием цепочек пор может быть допущено к эксплуатации не более чем на 7000 часов.

На основании результатов технического диагностирования турбина Т – 50-130 может быть допущена к эксплуатации сроком на 25000 часов при рабочих параметрах свежего пара 13 МПа и температуре 565 С°, при устранении указанных недопустимых дефектов, а именно замены сварного соединениягиба паропропускной трубы ЦВД к регулирующему клапану.

Проведенная комплексная диагностика турбины тепловой станции, включающая визуальный контроль, дефектоскопию, микроструктурные исследования материала сварных соединений, гибов и прямых участков труб, корпуса ЦВД, корпуса клапана автоматического затвора, левого и правого патрубков, позволило выявить наиболее слабые места турбины, которыми оказались сварное соединениегиба паропропускной трубы с регулирующим клапаном. Поэтому, продление срока службы турбины возможно только после проведения восстановительных работ, включающих заменугиба.

Остальные элементы конструкции турбины находятся в удовлетворительном состоянии пригодны для дальнейшего использования.

Продление срока службы теплового агрегата Дягилевской ТЭЦ, позволило решить экономическую и социальную задачи в регионе на основе качественного проведения технической диагностики, позволившей обоснованно продлить срок службы эксплуатируемого оборудования.

## Список использованных источников

1. ОСТ 34-70-890-96. Металл паросилового оборудования электростанций. Методы металлографического анализа в условиях эксплуатации. Введ. 2007-01-06. М.: Изд-во ООО «Центр безопасности труда», 2007.
2. РД 153-34.1-17.467-2001. Экспертный метод оценки остаточного ресурса сварных соединений коллекторов котлов и паропроводов по структурному фактору. Принят. 2001-01-07. М.: Изд-во АООТ «ВТИ», 2001. 20 с.