

НОРМАЛИЗАЦИЯ ТЕПЛОМЕХАНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПАРОВЫХ ТУРБИН*Калиниченко А.С.¹, Калиниченко В.А.¹, Зелезей А.Е.¹, Ракевич В.П.²**¹Белорусский национальный технический университет**²ОАО «Белэнергоремналадка»*

Опыт эксплуатации многоцилиндровых паровых турбин показал, что возникает ряд проблем, связанных с тепловыми перемещениями узлов турбоагрегатов. При этом, силы трения поверхностей скольжения корпусов подшипников и шпоночных узлов цилиндров оказывают существенное влияние на перемещение корпусов подшипников. Нарушения в тепломеханическом состоянии турбоагрегатов ограничивают электрическую и тепловую мощность турбины и влияют на надежность оборудования, в частности: - неполное тепловое расширение турбины при прогреве и пуске; - недовозврат корпусов подшипников в исходное положение после остывания цилиндров и фундамента турбины; - непрогнозируемое изменение вибросостояния валопровода турбины при переменных режимах; и др. Все эти дефекты прямо или косвенно связаны с нерасчетным перемещением корпусов подшипников по фундаментным рамам, а также опорных лап по шпоночным узлам.

Необходимо принимать во внимание также дефекты и особенности фундаментов и опорных конструкций корпусов подшипников, поскольку на некоторых турбинах имеет место неравномерная осадка фундаментов. Вследствие этого корпуса подшипников не только оседают на разную величину, но и отклоняются от вертикали по одной или двум плоскостям. Перечисленные дефекты проявляются в различных переменных режимах эксплуатации паровых турбин. Наиболее неблагоприятный режим с точки зрения проявления дефектов тепловых расширений – естественное остывание из горячего состояния. В этом режиме может быть определена величина теплового невозврата расширения турбины по корпусам подшипников до холодного состояния.

Специалистами ОАО «Белэнергоремналадка» была разработана конструкторская и технологическая документация по установке деталей из антифрикционных материалов под конкретные узлы трения. Наиболее удовлетворяющими по стабильности и допустимым величинам триботехнических характеристик для всех узлов паровых турбин являются композиционные материалы с макрогетерогенной структурой, разработанные учеными Белорусского национального технического университета.

Композиционные материалы получены с использованием литейной технологии, что обеспечивает низкую стоимость по сравнению с композитами, полученными методами порошковой металлургии и позволяет изготавливать достаточно крупные детали любой формы.

Впервые литые композиционные материалы были применены на турбине Т-250-240 (ст. №6 Минской ТЭЦ-4) в 1998 г. Во время аварийного капитального ремонта в 1998 г. было принято решение о применении композиционных материалов с макрогетерогенной структурой для устранения вышеописанных дефектов. Для увеличения подвижности корпусов подшипников пластины из композиционных материалов установили в плоскости скольжения фундаментной рамы и подошвы корпуса подшипника, а для снижения вероятности заклинивания продольных шпонок – были установлены композитные вставки в продольные шпоночные пазы всех корпусов подшипников. После выполнения всех этих мероприятий были проведены тепломеханические испытания турбины, которые подтвердили правильность принятого решения и показали положительный эффект применения литых композиционных материалов.

Во время капитального ремонта в 2003 г. были обследованы корпуса подшипников, композиционные вставки и продольные шпонки. Инструментальные измерения показали, что состояние всех этих элементов хорошее, следов износа композитных материалов нет,

на продольных шпонках нет натиров или задиров. В настоящее время турбина эксплуатируется, и ее состояние также остается хорошим.

В период с 1998г. по 20014г. в белорусской энергосистеме мероприятия по нормализации тепловых перемещений турбин с применением только разработанных композиционных материалов или в сочетании с другими антифрикционными материалами выполнены на шестнадцати различных типов турбинах: К-300-240, Т-250-240, Т-100-130, Т-180/210-130, ПТ-60-130/13, ПТ-65-130/13, ТК-330-240, ПТ-50-130/13, ПТ-135/165-130. То есть, охвачены практически все виды турбин белорусской энергетической системы.

Как показывает опыт эксплуатации этих турбин разработанная технологии нормализации тепловых перемещений турбин с использованием деталей из композиционных материалов с макрогетерогенной структурой позволяет практически полностью решить проблемы, обусловленные осадкой фундаментов, тепловых перемещений многоцилиндровых турбин. Решены задачи по улучшению вибросостояния. В целом это позволило снять ограничения по режимам эксплуатации турбоагрегата. Накопленного опыта достаточно для применения данной технологии на турбине любого типа при наличии проблем тепловых расширений.

Экономический эффект от применения разработанной технологии ремонта с применением композиционных материалов с макрогетерогенной структурой сложно оценить из-за необходимости учета большого количества факторов. Можно оценить для частного случая, например, Т-250-240 УТМЗ с применением литых композиционных материалов при снятии ограничений по двухступенчатой схеме подогрева сетевой воды при определенном режиме работы.

Предполагаемый экономический эффект определялся сравнением необходимого количества удельного расхода теплоты на выработку электроэнергии по одно- и двухступенчатой схеме подогрева сетевой воды при равных электрической и тепловой нагрузках. Для этого использованы нормативные энергетические характеристики турбины Т-250-240 Минской ТЭЦ-4. До проведения работ по нормализации тепломеханического состояния турбина работала в одноступенчатом режиме.

При мощности блока $N=200$ МВт (средняя мощность блока за год) и тепловой нагрузке $Q_t=180$ Гкал/час, удельное количество теплоты по одноступенчатой схеме равно $q_1=1370$ ккал/кВт, удельное количество теплоты по двухступенчатой схеме равно $q_2=1350$ ккал/кВт. При средней годовой выработке электроэнергии одним блоком $\mathcal{E} = 1\ 200\ 000$ кВт/ч получим годовую экономию количества теплоты по приблизительной оценке в год 24×10^6 Гкал или 3721 тонн условного топлива. В пересчете на натуральное топливо (мазут М-100) это составляет 2700 тонн. Это экономический эффект достигается только за счет снятия ограничений по двухступенчатой схеме подогрева сетевой.

Таким образом, разработанные технология ремонта и композиционные материалы с макрогетерогенной структурой позволили после реконструкции паровых турбин обеспечить их тепломеханическое состояние на уровне вновь смонтированных. Работы по нормализации тепломеханического состояния турбоагрегатов охватывает практически все типы применяемых в Республике Беларусь турбины. Имеющийся опыт позволяет использовать разработанную технологию для реконструкции любых паровых турбин.