

УДК 621.165

## Реконструкция деталей и узлов теплофикационных паровых турбин для повышения их надежности

Гуща А.Ю.

Научный руководитель – ст. преподаватель ПАНТЕЛЕЙ Н.В.

Статистические данные показывают, что теплофикационные турбины мощностью от 100 до 250 МВт производства ЗАО УТЗ имеют некоторые дефекты, которые являются причиной их отказов. К наиболее характерным относятся:

1. Повреждения в системах парораспределения турбин (особенно турбин Т-100-12.8);
2. Повреждения элементов (узлов) систем автоматического регулирования и защит (САРиЗ);

В настоящее время, повреждения в системах парораспределения происходили, как правило вследствие заклинивания кулачкового распределительного устройства из-за разрушения сепаратора роликового подшипника, вызываемого низким качеством его изготовления, применяемой смазки или сборки устройства. Рассмотрим более подробно данные повреждения и способы их предотвращения.

Органы парораспределения, применяемые УТЗ, можно разделить на две основные группы: регулирующие клапаны и регулирующие диафрагмы. Каждый вид органов парораспределения имеет свои преимущества, определяющие их применение в тех или иных конкретных условиях.

Регулирующие клапаны, особенно односедельные могут выполнены достаточно плотными, с минимальными протечками даже при установке их на паре высокого давления. С помощью регулирующих клапанов практически просто осуществляется сопловое регулирование расхода пара и могут быть получены необходимые расходные характеристики.

Регулирующие диафрагмы обладают меньшей плотностью, для их перемещения необходимы большие усилия, однако они могут размещаться внутри проточной части турбины без существенного увеличения размеров цилиндров. Регулирующие диафрагмы при соответствующем исполнении могут обеспечить как дроссельное, так и сопловое регулирование, причем отдельные наиболее сложные конструкции по расходным характеристикам могут заменить до 4 клапанов [1].

Для повышения надежности систем парораспределения была исследована возможность замены консистентной смазки на покрытие поверхностей подшипников фторсодержащим поверхностно-активным веществом (ПАВ) на основе эпилама. Было установлено, что опорные подшипники распределительного вала систем парораспределения работают в зоне повышенной температуры 280-300°C, при которой традиционно применяемые консистентные смазки выгорают, а при попадании пыли коксуется. Это приводит к разрушению сепаратора подшипника в момент страгивания и заклиниванию кулачкового устройства. Срок работы подшипника при повышенной температуре до повреждения, как правило, составляет 6-8 месяцев.

Известно, [2] что при обработке поверхности фторсодержащее ПАВ адсорбируется поверхностью и образует на ней тонкий слой особым образом ориентированных молекул, стойкий к низким и высоким температурам (-200 до +450 °C), к давлению (удельная нагрузка до 3000 Мпа). Образовавшийся слой модифицирует поверхность материалов- придает ей антифрикционные, антиадгезионные, антикоррозийные и некоторые другие специфические свойства.

В процессе исследований на нескольких турбинах были установлены подшипники, обработанные фторсодержащим ПАВ на основе эпилама. Как показали периодический контроль и анализ состояния этих подшипников, они отработали без повреждений в течение планового межремонтного периода, который составил для разных турбин от 5 до 7 лет. В процессе исследований было установлено, что при обработке подшипников механизма парораспределения раствором фторсодержащего ПАВ на основе эпилама происходит существенное снижение коэффициента трения и момента трогания покоя, в результате чего

незначительно нагруженные подшипники качения могут работать практически без смазки; это особенно важно при высоких температурах, ведущих к пригоранию консистентной смазки.

Парораспределение части высокого давления у всех турбин выполняется клапанным, а в парораспределении ЧНД применяются регулирующие диафрагмы. Парораспределение ЧСД у большинства турбин выполняется как с регулируемыми диафрагмами, когда ступени ЧВД и ЧСД находятся в одном цилиндре, так и с клапанами, когда подвод пара в ЧСД находится в начале цилиндра.

Привод регулирующих клапанов ЧВД осуществляется кулачковым распределительным устройством (рис. 1), рама устройства крепится на два зуба, отлитых на паровых коробках двух верхних клапанов. Чтобы поперечные тепловые расширения цилиндра не передавались на раму, рама жестко штифтуется на зубе только одной коробкой. Между площадкой рамы и головкой болта, крепящего раму к зубу другой коробки, имеется зазор 0,02...0,04 мм, а диаметр болта меньше отверстия в площадке на несколько миллиметров.

Для повышения надежности работы кулачкового распределительного устройства апробирован также вариант конструктивного усиления подшипниковых узлов установкой подшипников увеличенной грузоподъемности. Благодаря реализации этого мероприятия срок безотказной работы узла увеличен до нескольких лет.

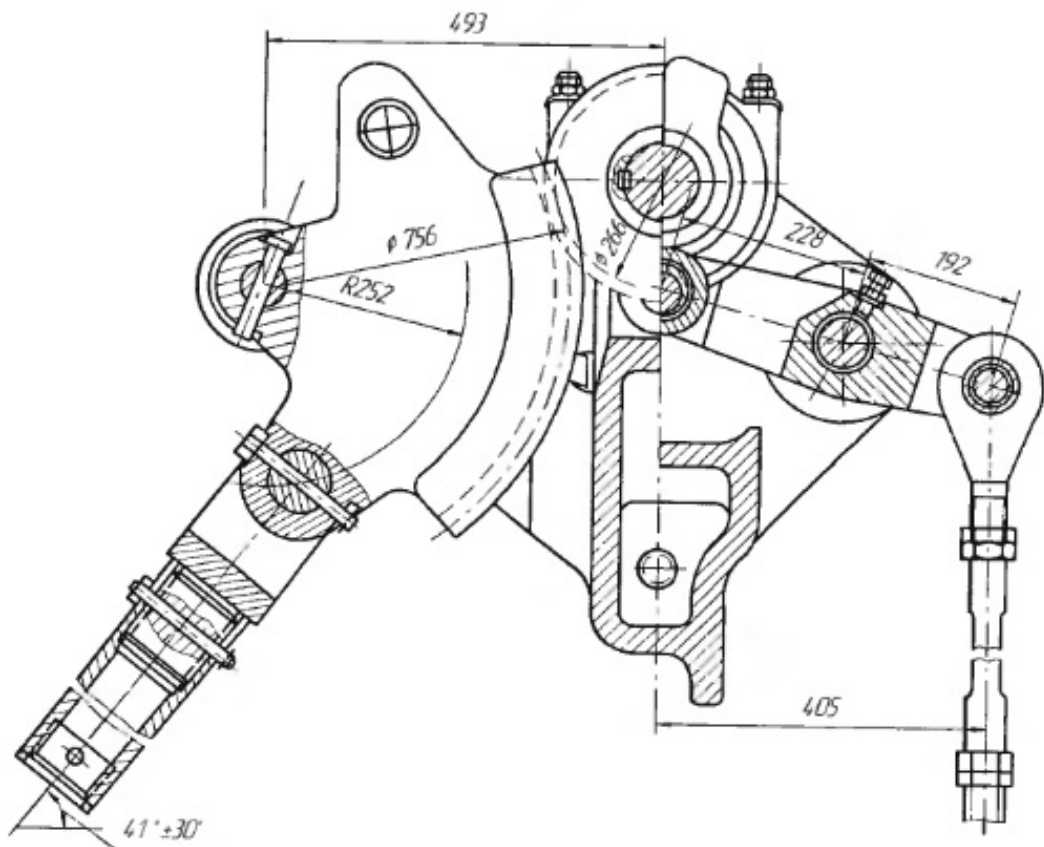


Рисунок 1 – Кулачковое распределительное устройство

Как говорилось выше, к дефектам турбин можно отнести так же повреждения систем автоматического регулирования паровых турбин. Они происходят вследствие механического износа деталей регулятора скорости, плохого качества масла, отложения солей, низкого качества изготовления деталей и ремонта.

Системы автоматического регулирования (САР) УТЗ, выпускаемых в настоящее время, выполняют электрогидравлическими. Она имеет гидромеханическую часть, включающую в полном объеме контур регулирования частоты вращения ротора турбины, и усилительную и исполнительную части контуров регулирования отборов пара. Электрическая часть САРиЗ

представлена электронными регуляторами электрической нагрузки турбины и регулируемых отборов пара.

Электрогидравлические САР (ЭГСР) турбин УТЗ выполняются по полусвязанной схеме с сохранением связи от регулятора частоты вращения (РЧВ) к сервомотору регулирующих органов (клапанов, диафрагм) отборов. В ЭГСР автономность регулирования обеспечивается использованием в электронных регуляторах мощности и отборов пропорционально-интегрального закона (ПИ-закона), что обеспечивает необходимую точность поддержания параметров и практически не снижает устойчивости работы регулирования при полном или частичном отказе от принципа связанности. Сохранение перекрестных связей в контуре регулирования частоты вращения связано в основном с требованием повышенной надежности САРиЗ в аварийных режимах (сброс электрической нагрузки с отключением генератора от сети).

Рабочей жидкостью в САР является турбинное масло, применяемое в системе смазки подшипников (за исключением турбины Т-250/300-240, где рабочей жидкостью является конденсат).

В качестве измерителя частоты вращения во всех турбинах УТЗ используется импульсный насос-импеллер, входящий в насосную группу, расположенную в блоке переднего подшипника на валу турбины. Кроме частоты вращения САР турбины поддерживают (в зависимости от типа):

- электрическую нагрузку турбогенератора (мощность);
- давление пара в производственном отборе;
- температуру сетевой воды за одним из подогревателей сетевой воды (или давление пара в одном или двух регулируемых отопительных отборах); при постоянной тепловой нагрузке турбоагрегата может поддерживаться величина нагрева сетевой воды;
- противодавление;
- температуру подпиточной воды на выходе из встроенного пучка конденсатора [1].

Для повышения надежности САРиЗ (принципиальная схема представлена на рисунке 2) теплофикационных турбин ранее существовавшая система регулирования была реконструирована с переводом ее в электрогидравлическую (ЭГСРиЗ). При этом ликвидирована вся гидромеханическая импульсная часть, функции которой переданы микропроцессорному программно-техническому комплексу (ПТК), выполняемому дублированным и обладающему функциями постоянной самодиагностики, что, безусловно, повышает надежность ЭГСРиЗ по сравнению с гидромеханической САРиЗ.

При реконструкции системы регулирования применены электрический автомат безопасности и электрическая система защиты регулируемых отборов от повышения давления, выполненные троированными с логикой «2 из 3». Это позволило реализовать функцию ежедневного регулярного автоматического опробования и расхаживания каждого канала защиты «насквозь» на работающей турбине без ее останова, что было принципиально невозможно в гидромеханической САРиЗ. По результатам апробаций и исследований была разработана серийная ЭГСРиЗ, которая с 2007 года устанавливается на всех вновь выпускаемых турбинах УТЗ, а также на ряде ремонтируемых модернизацией системы регулирования.

Результаты обобщения опыта эксплуатации реконструированных турбин показали, что применение ЭГСРиЗ обеспечило безусловное повышение надежности работы системы регулирования и защиты и исключило неплановые остановы турбин, вызванные отказами импульсной части гидромеханической САРиЗ. Кроме того, повысилась надежность парораспределения благодаря радикальному снижению динамических нагрузок, передаваемых от сервомоторов на элементы парораспределения, в связи с отсутствием пульсаций сервомоторов ЭГСРиЗ в стационарных режимах.

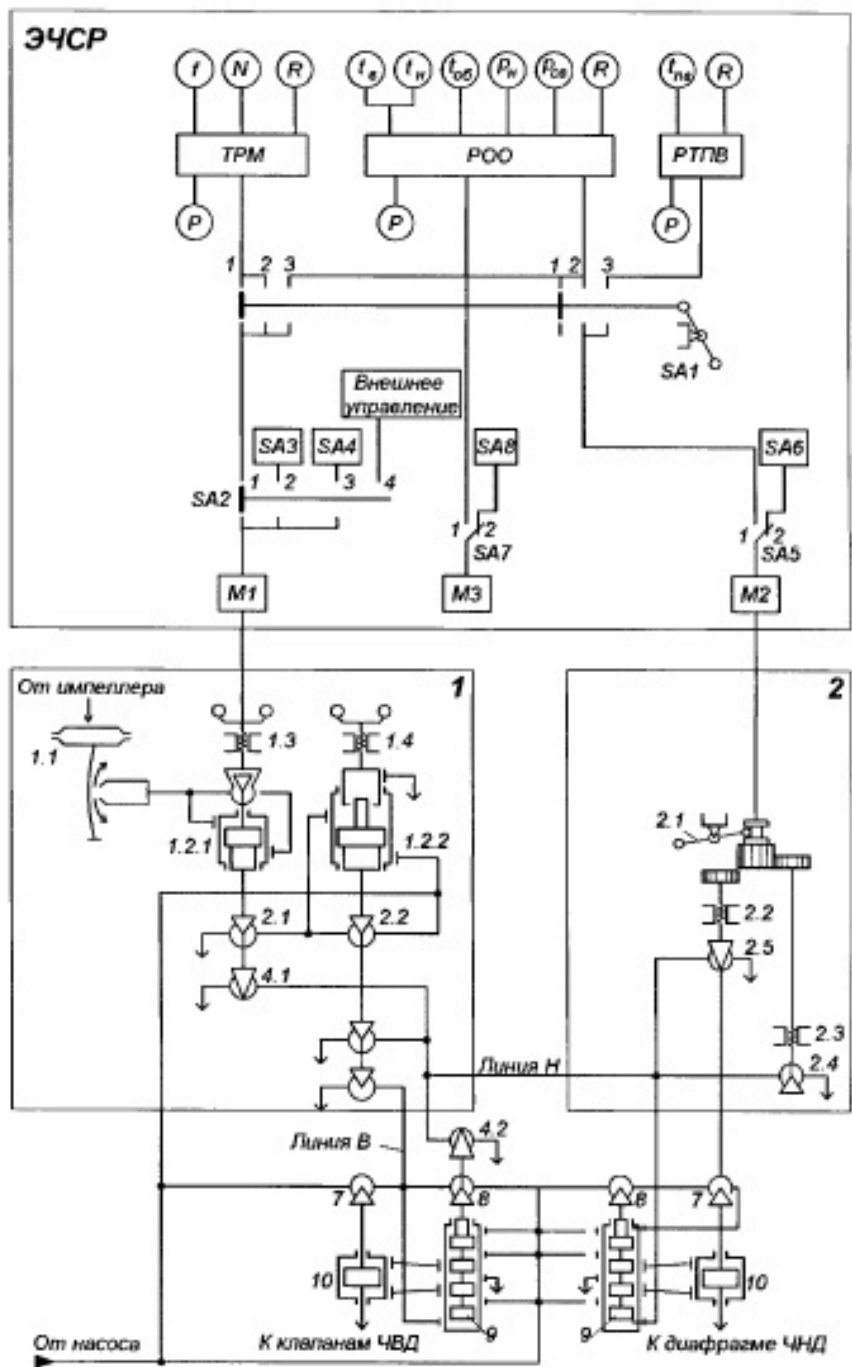


Рисунок 2 – Принципиальная схема ЭЧСРиЗ турбин типа «Т»: 1-регулятор частоты вращения; 1.1-мембранно-ленточный усилитель; 1.2.1, 1.2.2- промежуточные сервомоторы золотников 2.1 (Ø 65мм) и 2.2 (Ø70 мм); 1.3-механизм управления турбиной (МУТ); 1.4- ограничитель мощности; 2-дополнительный привод управления сервомотора ЧНД с переключателем 2.1, механическими передачами 2.2, 2.3 и золотниками 2.4, 2.5; TPM, POO, РТПВ- электронные регуляторы мощности, отопительного отбора и температуры подпиточной воды соответственно» M1, M2- механизмы электрические однооборотные (МЭО); M3- механизм управления регулирующим клапаном на обводе ПВД; P,R- показывающие приборы и датчики; SA1, SA2, SA5, SA7- переключатели режимов ЭЧСР; SA3, SA4, SA6, SA8 – пульты управления; датчики: f, N- частоты электрического тока и активной мощности; t<sub>в</sub>, t<sub>н</sub>, t<sub>об</sub>, - температуры сетевой воды за ПСГ-2, ПСГ-1 и обратная соответственно; p<sub>н</sub>, p<sub>с</sub>- давление пара в нижнем отопительном отборе и сетевой воды соответственно.

Таким образом, проведенные исследования позволяют сделать следующие выводы: реализация представленных разработок способствовала повышению надежности наиболее повреждаемых узлов теплофикационных турбин ЗАО УТЗ в условиях эксплуатации. При повреждениях систем парораспределения была произведена замена консистентной смазки на фторсодержащее поверхностно-активное вещество на основе эпилама. При повреждениях элементов систем автоматического регулирования и защиты, ранее существовавшая система регулирования была заменена на электрогидравлическую.

#### Литература

1. Баринберг Г.Д., Бродов Ю.М. и др. Паровые турбины и турбоустановки Уральского турбинного завода. Екатеринбург, 2010.
2. Полевой С.Н., Евдокимов В.Д. Упрочнение металлов: справочник. М.: Машиностроение, 1986.
3. Казанский В.Н., Языков А.Е., Беликова Н.З. Подшипники и системы смазывания паровых турбин. Челябинск: Цицеро, 2004.
4. Мурманский Б.Е., Бродов Ю.М., Новоселов В.Б. Реконструкция деталей и узлов теплофикационных паровых турбин для повышения их надежности / Б.Е. Мурманский, Ю.М. Бродов, В.Б. Новоселов //Теплоэнергетика.-2012.-№12.-С.50-55.