

Научно-технический журнал
Издается с 1997 года

ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ И ВОДОПОДГОТОВКА

2005

№ 2

Московскому
Энергетическому
Институту

75
лет

ТУРБОГЕНЕРАТОР

ПЕРВЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СИСТЕМ УПЛОТНЕНИЙ СОТОВОЙ КОНСТРУКЦИИ ВЗАМЕН УПЛОТНЕНИЙ ТРАДИЦИОННОГО ТИПА В ПАРОВЫХ ТУРБИНАХ ТЭЦ №№16 И 23 АО МОСЭНЕРГО

Инж. А.М.САХАРОВ; инж. С.В.УШИН; инж. Ю.П.МАЛЮТИН; асп. И.А.ЛУНИН
(ОАО ФИЦ «Фирма ОРГЭС» - ООО «НПП АРМС» - Мосэнергонадладка - ЭМИ (ТУ))

Применение уплотнений сотовой типа, используемых ранее лишь в авиационных газотурбинных двигателях, для стационарных паровых турбин (чертежи прилагаются) было впервые предложено специалистами ФГУП НПП «Мотор» (г.Уфа) и использовано при модернизации турбин Р-100-130 Нижнекамской ТЭЦ-1 и ПТ-30-90/10 Уфимской ТЭЦ-4. За последнее время аналогичные работы начаты в системе Мосэнерго. Так, на ТЭЦ-16 были установлены сотовые конструкции в надбандажных уплотнениях девяти (из 17) ступеней ЦВД турбины ПТ-65/75-130, а на некоторых турбинах типа Т-250/300-240 ТЭЦ №№ 23, 25 и 26 они были смонтированы взамен концевых уплотнений традиционного лабиринтового типа на ЦСД-2 и ЦНД.



Рис.1. Общий вид надбандажных сотовых уплотнений для турбины ПТ-65/75-130.



Рис.2. Общий вид сегмента концевой сотовой уплотнения ЦНД и ЦСД для турбин Т-250/300-240.

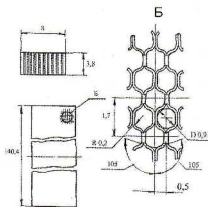


Рис.3. Конструкция активной поверхности сотовой уплотнения.

Результаты замены концевых уплотнений цилиндров.

Как известно из опыта эксплуатации, большинство турбин Т-250/300-240 УТМЗ системы Мосэнерго в стационарных режимах с отопительной нагрузкой работают зачастую в зоне околопределных значений относительного укорочения роторов низкого давления (РНД), либо среднего давления (РСД-2). В переходных режимах, связанных с аварийными остановами турбин, наблюдается, как правило, резкое возрастание величины относительного укорочения указанных

роторов (на 1+1,5 мм), со стабилизацией в процессе выбега за пределами допустимых значений; (-4,5 мм) – для РСД-2 и (-5,5 мм) – для РНД.

В связи с существованием данной проблемы, в целях расширения рабочего диапазона относительных перемещений РНД и РСД-2, а также устранения риска возможных задеваний, на 4-х турбинах ТЭЦ-25, а впоследствии на турбинах №4 ТЭЦ-26 и №5 ТЭЦ-23 и была произведена реконструкция концевых уплотнений (КУ) ЦНД и ЦСД-2 с проточкой втулок валов в зоне расположения КУ и заменой лабиринтовых сегментов новыми сегментами сотовой конструкции.

Из опыта эксплуатации турбины ТЭЦ-23 можно утверждать, что вышеуказанная проблема в результате реконструкции уплотнений была решена, хотя говорить о конкретных результатах выполненной на ТТ №5 ТЭЦ-23 реконструкции КУ, с точки зрения её экономической эффективности, можно лишь по косвенным, хотя и очевидным факторам, поскольку сама задача количественной оценки возникла уже после ремонта – в порядке обоснования целесообразности тиражирования аналогичной реконструкции на другие турбины ТЭЦ-23.

Из совершенно очевидных, привлекающих внимание в первый же послеремонтный период эксплуатации других факторов, свидетельствующих о предпочтительности сотовых уплотнений, необходимо назвать следующие:

- прекращение присосов воздуха в вакуумную систему через КУ ЦНД и ЦСД-2 при сниженном (на 0,1-0,15 кг/см² по отношению к доремонтному уровню) давлении пара в коллекторе уплотнений, при том, что КУ ЦНД на большинстве турбин этого типа, в том числе и на турбине №5, считались одним из постоянных, и практически неустраняемых источников присосов воздуха на всем протяжении многолетней эксплуатации;

- значительное сокращение расхода пара, потребляемого КУ турбины от внешнего источника. Косвенное подтверждение этому – возникшая после реконструкции возможность поддержания более низкого (на 0,1-0,15 кг/см² по отношению к доремонтному уровню) давления пара в коллекторе уплотнений за регуляторами РК при существенно меньшей степени их открытия, фиксировавшейся на данной турбине при той или иной нагрузке на протяжении последних лет.

В послеремонтный период, для предотвращения присосов воздуха в вакуумную систему через КУ ЦНД, давление пара в коллекторе уплотнений за РК достаточно поддерживать на уровне 0,085-0,095 кг/см² (изб.), в то время, как на всем протяжении предшествующей эксплуатации, нормаль-

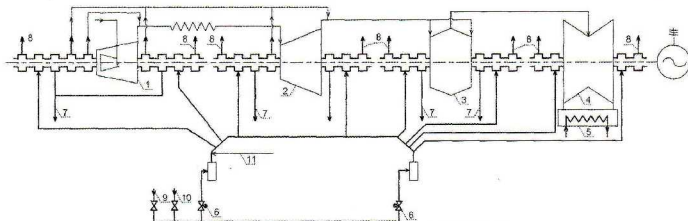


Рис. 4. Система концевых уплотнений турбины Т-250/300-240.

1 – ЦВД; 2 – ЦСД-I; 3 – ЦНД; 4 – ЦНД; 5 – конденсатор; 6 – регулятор давления; 7 – вакуумные отсосы в сальниковый подогреватель (ПС); 8 – эжекторные отсосы в сальниковый холодильник (СХ); 9 – пар от Д-7 ата; 10 – пар от коллектора СН; 11 – пар из КУ ПТН.

ный уровень $0,2-0,25 \text{ кг/см}^2$ (изб.) не исключал наличия присосов через КУ ЦНД. В то же время, при таком давлении неизбежно обводнение масла, поскольку для прекращения внешних парений через немодеинизированные ПКУ ЦВД, ЦСД-I и устранения парового обдува соответствующих картеров, давление пара в указанном коллекторе за РК не должно превышать $0,12 \text{ кг/см}^2$ (изб.);

- нормализация работы эжектора отсоса пара из КУ (ЭУ-120), не справлявшегося с поддержанием микро разрежения во внешних камерах КУ ТГ-5 из-за перегруженности большими подсосами воздуха через внешние обоймы КУ ЦНД.

На протяжении ряда лет разрежение во всасывающем патрубке ЭУ-120 не достигало $(-0,03) \text{ кг/см}^2$, в связи с чем при дневных нагрузках на турбине №5 постоянно наблюдался обдув картеров интенсивными протечками пара через передние КУ ЦВД, ЦСД-I и КУ турбопривода ПТН-5, что сопровождалось хронической обводняемостью масла. После капитального ремонта ТГ-5 разрежение на всасе ЭУ-120 заметно возросло до уровня $(-0,06) \times (-0,065) \text{ кг/см}^2$ при значительно сократившемся вылазе через выхлопную трубу, с соответствующей этому нормализацией работы не только всех уплотнений турбины, но и турбопривода ПТН, что в конечном итоге привело к прекращению обводняемости масла.

Поскольку, каких либо специальных мероприятий в этом направлении при капремонте не проводилось, то послеремонтная нормализация работы ЭУ-120 и КУ турбины не может быть объяснена ни чем иным, как заменой лабиринтовых уплотнений ЦНД и ЦСД-2 на сотовые.

Следует также отметить, что хронической, трудноразрешимой проблемой для ТЭЦ-23 Мосэнерго является наличие парового обдува прикартерных зон подшипников №1,2 турбопривода ПТН на всех без исключения энергоблоках 250 МВт. Это связано с интенсивным пропариванием концевых уплотнений ПТН, работающих в нерасчетном режиме по схеме самоуплотнения, т.е. с возвратом пара концевых протечек через камеры промежуточного перехвата в коллектор уплотнений главной турбины.

Наименее затратным, и к тому же радикальным решением данной проблемы, была бы аналогичная модернизация КУ ПТН, с заменой лабиринтовых сегментов на сотовые, что позволило бы сократить протечки через внутренние обоймы и обеспечить (пока недостижимое) микро разрежение во внешних отсосных камерах КУ ПТН при нагрузках дневного максимума.

Результаты замены надбандажных уплотнений проточной части.

В 2002 году с целью повышения КПД проточной части сотовые уплотнения были использованы для замены лабиринтовых надбандажных уплотнений первых девяти ступеней ЦВД на турбине типа ПТ-65/75-130/13 ЛМЗ ст.№ 6 ТЭЦ-16 Мосэнерго.

По результатам сравнительных испытаний ОРГЭС сотовые уплотнения по своим аэродинамическим характеристикам эффективнее лабиринтовых, и установка таких уплотнений в проточной части высокопотенциальных цилиндров позволяет существенно повысить их КПД за счет сокращения межступенчатых перетоков. Замена сотовыми одних лишь надбандажных уплотнений на первых 9-ти (из 17) ступеней ЦВД турбины ПТ-65/75-130-3 ЛМЗ ст. №6 ТЭЦ-16 Мосэнерго, по данным ОРГЭС, обеспечила повышение КПД цилиндра более чем на 1%. (эта величина достаточно надёжна, т.к. в период капремонта никаких других работ, которые могли бы заметно повлиять на экономичность, не проводилось). При установке сотовых надбандажных уплотнений на всех 17-ти ступенях ЦВД, повышение внутреннего относительного КПД цилиндра по оценке ОРГЭС может достигнуть величины, порядка $1,6-1,7\%$.

С учетом приведенных данных, следует отметить, что ЦВД турбин типа Т-250/300-240 (со своей двухпоточной конструкцией, при наличии внутреннего межпоточного уплотнения, а также двухступенчатого возврата в проточную часть отсосных пережатых из промежуточных камер КУ) располагают более высоким ресурсом повышения внутреннего относительного КПД, чем турбины ПТ-60/75-130 и, в случае установки сотовых

сегментов по надбандажным, внутреннему и концевым уплотнениям ЦВД, даже с большой степенью осторожности, можно прогнозировать повышение его внутреннего КПД не менее чем на 2,0%. Дополнительное, хотя и незначительное повышение внутреннего КПД цилиндра (порядка 0,2÷0,3%) можно ожидать также и от модернизации диафрагменных уплотнений.

Выводы:

1. Как следует из предшествующего анализа, уплотнения сотовой конструкции обладают бесспорными преимуществами перед лабиринтовыми, и несомненная целесообразность их использования для модернизации КУ на турбинах Т-250/300-240, определяется исходя из реальной возможности комплексного и одновременного решения целого ряда весьма болезненных хронических проблем, связанных с неудовлетворительным функционированием существующей системы уплотнений на турбинах этого типа.

2. В перспективном плане, вопрос о целесообразности замены лабиринтовых уплотнений

сотовыми на турбинах Т-250/300-240 не может ограничиваться лишь решением локальной задачи по снятию пределов относительного перемещения роторов низкопотенциальных цилиндров. Аналогичная реконструкция концевых и внутренних (межступенчатых и надбандажных) уплотнений высокопотенциальных цилиндров содержит несоизмеримо больший ресурс повышения их экономичности. Если исходить из повышения экономичности ЦВД турбины ПТ-65/75-130 на 1% в результате лишь частичной замены одних только надбандажных уплотнений, то, применительно к турбине Т-250/300-240, от комплексной модернизации уплотнений ЦВД можно ожидать повышения его внутреннего относительного КПД на величину порядка 2,0%.

3. Замена лабиринтовых уплотнений турбопривода ПТН на сотовые, так же была бы наименее затратным, и притом радикальным решением существующей хронической проблемы парового обдува подшипников ПТН.