

УДК 621.165

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ УПЛОТНЕНИЙ ПАРОВЫХ ТУРБИН

Канарский Д.Ю., Римашевская Е.Д.

Научный руководитель - Качан С.А., к. т. н., доцент

Паротурбинные установки (ПТУ) тепловых электростанций, а также турбоагрегаты, входящие в состав парогазовых установок, являются базовым генерирующим оборудованием энергетики. Это обуславливает актуальность применения передовых технологий в проведении модернизации и реконструкции ПТУ для повышения их показателей. Одним из важных направлений работ по повышению надежности и экономичности паротурбинного оборудования является усовершенствование уплотнений.

В современных турбинах рабочие лопатки выполняются, как правило, с бандажами, что позволяет обеспечить эффективное уплотнение ступеней для снижения паразитных протечек пара [1 – 3].

Коэффициент расхода пара через надбандажные уплотнения радиального типа традиционной конструкции (рис. 1, а) зависит от радиального зазора в уплотнении. Выполнение малых радиальных зазоров в уплотнениях, как правило, не обеспечивает заданной эффективности их работы в течение всего срока эксплуатации, поскольку вследствие задеваний на реальных режимах (в особенности на пусках) уплотнения изнашиваются.

Разработаны и используются новые типы уплотнений, утечки через которые практически не повышаются со временем в процессе эксплуатации.

Снижение интенсивности эксплуатационного износа уплотняющих гребней возможно при внедрении осерадиальных надбандажных уплотнений, которые состоят из двух уплотняющих гребней на бандаже рабочих лопаток и двух пар гребней, закрепленных на козырьке диафрагмы (рис. 1, б).

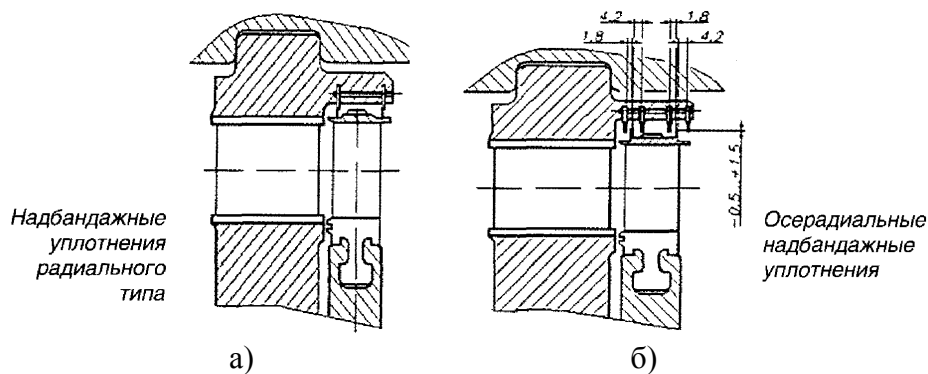


Рисунок. 1. Надбандажные уплотнения радиального (а) и осерадиального (б) типа

Отсутствие опасности задеваний, как при радиальном, так и осевом относительном смещении ротора и статора вследствие достаточной величины зазоров обеспечивает высокую степень сохранности уплотнений в условиях эксплуатации и приводит к увеличению средней экономичности турбоустановки в период между ремонтами.

Высокой эффективностью обладают многорядные (6 – 8 рядов и более) осерадиальные надбандажные уплотнения гребенчатого типа, имеющие уплотнительные усики как в статорной части, так и на бандаже с разными шагами.

Разные по величине шаги уплотнительных гребней на надбандажных козырьках и бандажных полках рабочих лопаток уменьшают в 4 – 5 раз периферийную надбандажную утечку пара, по сравнению с традиционным уплотнением, что дает существенный (до 2 – 2,5%) выигрыш в относительном внутреннем КПД ступени.

Снижение потерь от протечки обусловлено, как существенно большим числом гребней, так и возможностью выполнить примерно вдвое меньший радиальный зазор, что обусловлено наличием гарантированного зазора между гребнями ротора и статора и отсутствием опасности задевания между гребнями.

Наряду с обеспечением малых утечек новые осерадиальные уплотнения снижают опасность возникновения так называемых самовозбуждающихся (низкочастотных) колебаний ротора турбины.

Другим техническим решением является установка надлопаточных (надбандажных), концевых и диафрагменных уплотнений сотового типа взамен традиционных уплотнений (рис. 2, 3).

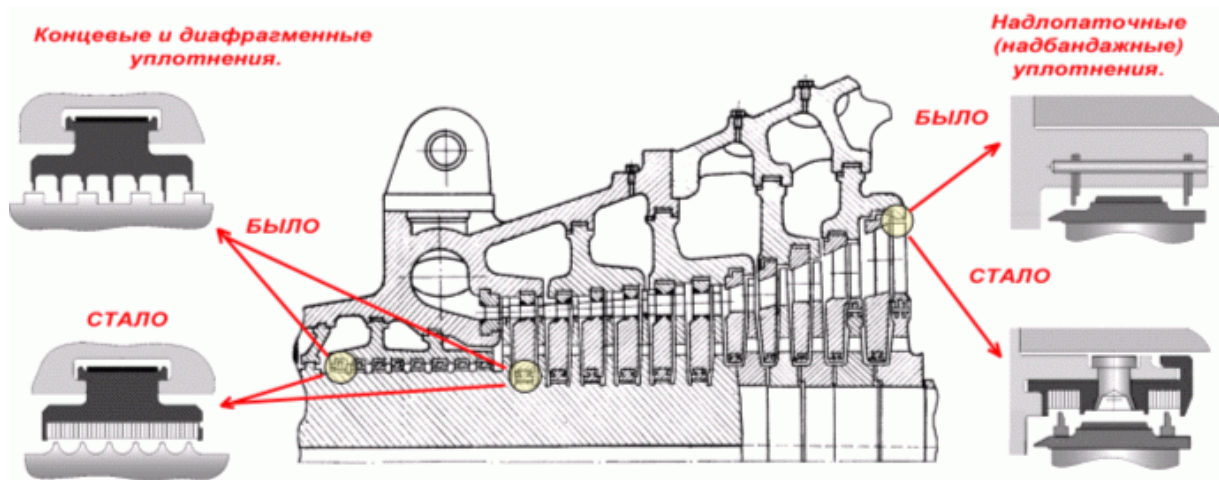


Рисунок 2. Область применения сотовых уплотнений

Сотовые уплотнения представляют собой набор вставок, состоящих из корпуса сот и закреплённых на нём посредством высокотемпературной пайки сотоблоков. Корпус сот изготавливается из жаропрочной стали. Сотоблоки формируются из жаростойкой хромоникелевой фольги толщиной 0,05 мм и имеют ячеистую структуру. При монтаже на турбину сотовые вставки набираются в кольца, которые устанавливаются в обоймы или диафрагмы.

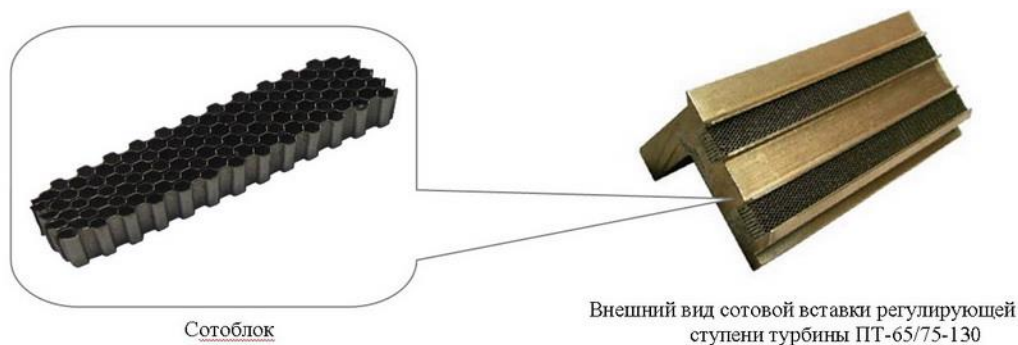


Рисунок 3. Конструкция сотовых уплотнений

Установка сотовых уплотнений позволяет уменьшить радиальные зазоры в уплотнении и достигнуть повышения внутреннего относительного КПД цилиндра на 1 – 2% сверх нормативного значения, и практически исключить вероятность повреждения деталей ротора и статора при их взаимном контакте.

В случае задеваний происходит прорезание канавки в сотах (рис. 4). Благодаря значительной теплоотводящей способности сот не происходит нагрева ротора. При дальнейшей эксплуатации сотовые уплотнения сохраняют свою работоспособность за счёт эффекта «перекрыши» без значительного снижения КПД.

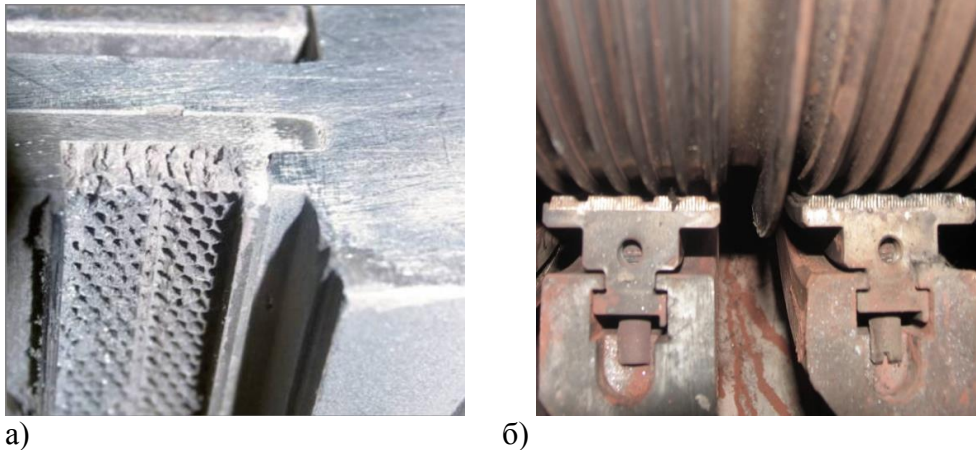


Рисунок 4. Выработка надбандажных (а) и концевых (б) сотовых уплотнений

Установка концевых сотовых уплотнений позволяет уменьшить обводнение масла, повысить маневренность турбоагрегата, снизить присосы воздуха в вакуумную систему и понизить расход пара на концевые уплотнения турбоагрегата.

В процессе оснащения турбин концевыми сотовыми уплотнениями предполагается доработка ротора, связанная со снятием поверхностного слоя материала и формированием галтелеобразных проточек. В результате этой операции убираются накопленные термоусталостные напряжения, и тем самым повышается надежность работы, увеличивается экономичность и срок службы уплотнений, снижаются затраты на последующие капитальные ремонты.

Новые уплотнения могут быть применены практически во всех турбинах в качестве надбандажных уплотнений не только для новых турбин, но и при реконструкциях и ремонтах. Сроки изготовления комплекта сотовых уплотнений около 3 месяцев, доработки (механическая, слесарная) проточной части энергоремонтным предприятием – не более 1,5 месяцев. Срок окупаемости не более 1,5 лет при сроке службы не менее 10 лет.

#### Литература

1. Трухний А.Д. Современная теплоэнергетика: электронная библиотека по энергетике. Росэнергосервис, 2004. (<http://lib.rosenergосervis.ru/sovremennaya-teploenergetika.html>).
2. Уральский турбинный завод. Модернизация паровых турбин и сервис (<http://www.utz.ru/cgibin/catalog>)
3. Научно-производственное предприятие АРМС. Комплексные технические решения (<http://www.armstech.ru/cat/opisanie>)