

УДК 621.165

**ПРОБЛЕМЫ, ВОЗНИКАЮЩИЕ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ
ГАЗОТУРБИННЫХ УСТАНОВОК
PROBLEMS ARISING DURING THE OPERATION OF GAS TURBINE
INSTALLATIONS**

М.В. Колчин, Д.А. Степанов, А.А. Кожух
Научный руководитель – Н.В. Пантелей, старший преподаватель
Белорусский национальный технический университет,
г. Минск, Республика Беларусь
nvpanteley@tut.by

M. Kolchyn, D. Stepanov, A. Kozhukh
Supervisor – N. Panteley, Senior Lecturer
Belarusian national technical university, Minsk, Belarus

***Аннотация:** в статье представлены наиболее частые проблемы, возникающие при эксплуатации газотурбинных установок и возможные пути минимизации рисков серьёзных поломок.*

***Abstract:** article presents the most frequent problems that arise during the operation of gas turbine installations and possible ways to minimize the risks of serious breakdowns.*

***Ключевые слова:** коррозия, проблемы, газотурбинные установки, поломки.*

***Keywords:** corrosion, problems, gas turbine installations, breakdowns.*

Введение

ГТУ – это энергетическая установка, предназначенная для выработки электроэнергии и подогрева воды. Непосредственно сама ГТУ состоит из следующих частей: сама газовая турбина, электрогенератор, система управления, котел-утилизатор.

Основная часть

На сегодняшний день большое количество газотурбинных агрегатов используются в качестве энергоустановок различной специализации. Однако наибольшее их количество задействовано в виде газоперекачивающих агрегатов на магистральных газопроводах. Тем не менее, не стоит забывать о части ГТУ используемых в качестве двигателей для самолетов, судов и некоторых автомобилей. Несмотря на различия в секторах, где используются ГТУ, перед любыми производителями установок стоят практически одинаковые задачи при проектировании, это экономичность, экологичность, мощность, надежность и долговечность. На последних двух мы остановимся поподробнее. Несмотря на огромные достижения, в области исследования технической части турбинных установок, к моменту настоящего времени остаются нерешенными множество проблем, связанных с естественным износом газотурбинного и турбинного оборудования, и возникающими при нормируемой эксплуатации. К таким проблемам относят естественный перегрев сопловых лопаток в ГТУ. Лопаточные части ГТУ представляют собой важнейшую часть газовой турбины, в зависимости от задач,

конструктивных особенностей установки, вида топлива с различным уровнем примесей, как эксплуатационные условия работы установки, так и срок службы будут разительно меняться. На сегодняшний день в странах СНГ, Европы, США, накоплена достаточная база опыта, позволяющая повысить долговечность и надёжность ГТУ.

Сопловые лопатки в отличие от рабочих, температура которых определяется средней температурой газа, имеют среднюю температуру от 720 до 1200°C, что, несмотря на начальные параметры, в любом случае на 100-150°C выше, чем температура рабочих лопаток. Так же сопловые лопатки испытывают большие температурные и растягивающие напряжения, в том числе из-за большей площади сечения. Из-за перегрева на сопловых лопатках ГТУ возникают трещины, а в некоторых случаях, разрушение кромки, осколки которой могут попасть в проточную часть турбины.



Рисунок 1 – Фрагмент рабочих лопаток

Ещё одной проблемой, возникающей при эксплуатации ГТУ, является коррозия. В ГТУ наблюдается несколько видов коррозии. Наиболее часто встречаются газовая и горячая коррозии.

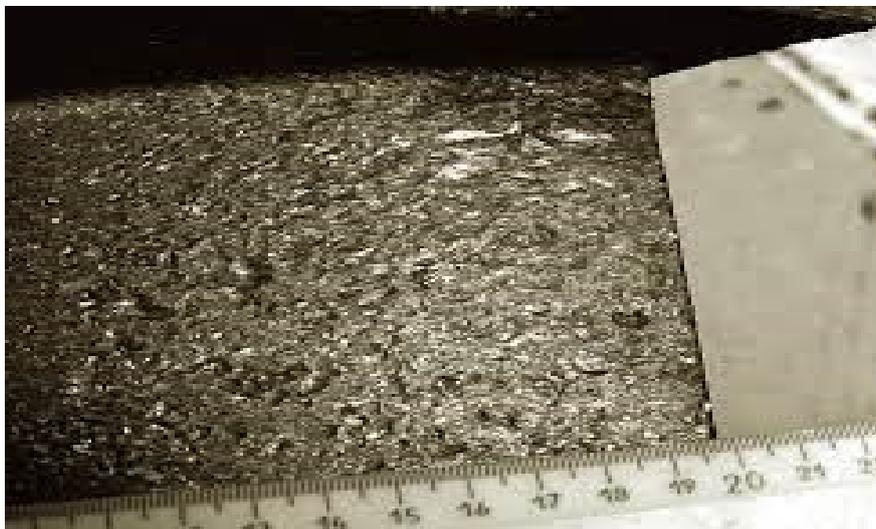


Рисунок 2 – Коррозия материала рабочих лопаток

Газовая коррозия возникает при контактировании металла с так называемым, химически активным газом. При их контакте образуется специфическая пленка на поверхности металла. Образовавшаяся плёнка состоит из продуктов коррозии, которые, в свою очередь, интенсивно увеличиваются в объёмах при высоких температурах, что препятствует пятну контакта корродируемого металла с газом. Как результат газовой коррозии возможно появление значительных повреждений поверхности пера лопатки газовой турбины: образование наростов и язв в результате локального повреждения возникшей оксидной пленки, а также изменение профиля лопаток, «разъедание» их краев.

Горячая коррозия – это разновидность газовой коррозии, особый вид коррозии металлов, характеризующийся наличием на поверхности сплава слоя осадка: соли или шлака. Возникновение этого слоя вызывает масштабные изменения характера взаимодействия сплава с окружающей средой. Наиболее часто подобный вид коррозии встречается в промышленных и морских газовых турбинах. Во многом уровень интенсивности коррозии зависит от степени загрязнения используемого топлива. К тому же, как и скорость, так и механизм разрушения материалов во многом зависят от состава сплава, газовой среды, температуры и других факторов, усложняющих изучение этого процесса. Один и тот же сплав может вести себя по-разному при изменении условий горячей коррозии.

Существует два типа горячей коррозии, базирующейся на понятии диапазона температур: высокотемпературная и низкотемпературная горячая коррозия. Высокотемпературная горячая коррозия представляет собой невероятно быструю форму окисления, протекающую при температуре свыше 800°C в присутствии сульфата натрия (Na_2SO_4), образующегося при сгорании топлива, а низкотемпературная горячая коррозия происходит примерно в диапазоне температур $600\text{-}700^{\circ}\text{C}$ и возникает при наличии SO_3 в газовой фазе. К сожалению, на сегодняшний день не существует сплавов, абсолютно нечувствительных к горячей коррозии, но разработки и исследования по этой теме, разумеется, ведутся. Резюмируя вышеперечисленные проблемы, будь то перегрев или же газовая или горячая коррозия, главнейшими проблемами являются утоньшение рабочей части деталей, трещины и сколы. Бороться с подобными проблемами помогают следующие технологии: материалы с высоким пределом выносливости или любая другая упрочняющая обработка, позволяющая повысить необходимый порог виброустойчивости. Также так называемый, импульсный материал может снизить уровень вибрационного напряжения. К таким материалам относятся хром и высокопрочные стали.

К тому же у любого материала лопаток, помимо коррозии, существует недостаток, связанный с работоспособностью, а именно выкрашивание (побежалость) материала с поверхности пера из-за неравномерности старения при рабочих температурах и от термической усталости. Данные недостатки неизбежно приводят к образованию трещин на лопатках.



Рисунок 3 – Побежалость материала лопаток

Подобные проблемы можно минимизировать благодаря использованию специальных материалов и сплавов. Материалы, применяемые на сегодняшний день для деталей ГТУ, подразделены на несколько классов: перлитные, хромистые ферритные, ферритно-мартенситные, мартенситные и аустенитно-мартенситные, аустенитные стали, титановые сплавы, сплавы на никелевой и кобальтовой основе. И так называемые, «Ферритные стали», являющиеся жаропрочными. Химический состав жаропрочных сталей существенным образом влияет на их физические свойства и напряженность. При изготовлении рабочих лопаток наиболее распространены такие материалы и сплавы как ЭИ893Л, ЦНК-7, МИ-3У, ЧС-104, IN738 LC.

Перечисленные ранее проблемы, так или иначе, неизбежно будут возникать при эксплуатации установок. Поэтому главной задачей производства, будет являться минимизация последствий возникающих поломок.

Литература

1. Gardzilewicz A, Marcinkowski S, 1995 Diagnosis of LP Steam Turbine prospects of Measuring Technique, PWR Vol. 28 1995, Joint Power Generation Vol. 3 ASME 1995. – P. 349–358.
2. Материалы и прочность деталей газотурбинных установок / М.К. Гесов [и др.], 2004. – 591 с.
3. Gardzilewicz A, Marcinkowski S, Sobera H. and Józefowicz Z 1994 Experimental Experience of Patent No. 160-805 Application in 200 MW Turbines, Energetyka (No. 3). – P. 73–78 (in Polish).