

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.

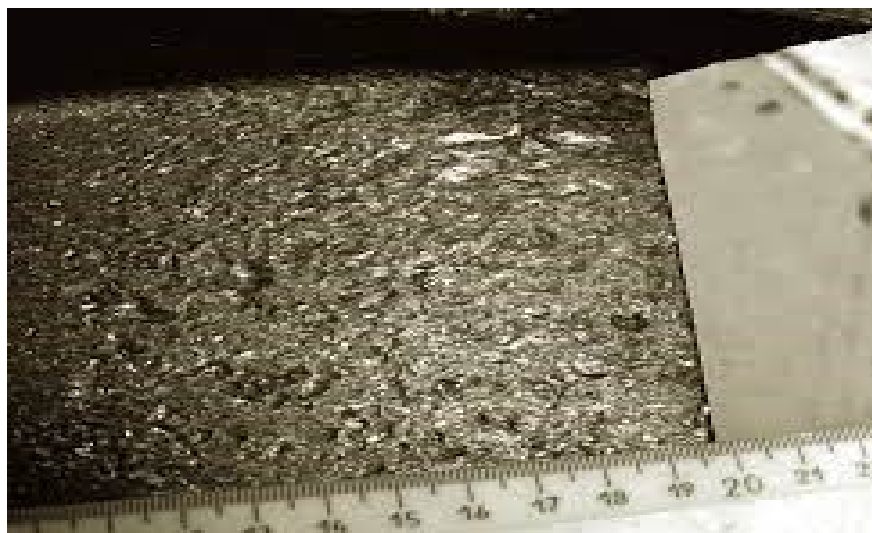


Рисунок 2 – Коррозия материала рабочих лопаток

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  $800^{\circ}\text{C}$  в присутствии сульфата натрия ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ), образующегося при сгорании топлива, а низкотемпературная горячая коррозия происходит примерно в диапазоне температур  $600\text{-}700^{\circ}\text{C}$  и возникает при наличии  $\text{SO}_3$  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).