

сентябрь
октябрь
2025

Турбины и Дизели

СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

№5 (122)



Уральский турбинный завод –
более 40 ГВт для Российской энергетики

16+



Комплексный подход при ремонте
газовых турбин иностранного производства

Компания «ИНГК» на ПМГФ-2025:
инновации для энергетики России

Модернизация подшипника турбины ГТЭ-160 с применением полимерных антифрикционных материалов

С. П. Прытков – ООО «ТурбоСервис Рус»

Материал колодок для упорных подшипников и вкладышей опорных подшипников имеет большое значение для надежности, долговечности и экономичности оборудования. Нагрузка, частота вращения, рабочая температура, изоляция, тип смазки и чистота смазочных материалов – все это оказывает существенное влияние на надежность работы агрегата и срок его службы.

In brief
Modernization of the GTE-160 turbine bearing using polymer anti-friction materials

The material of the bearing pad is very important for the performance and durability of the mechanism. Load, rotation speed, operating temperature, insulation, type of lubricant, and cleanliness of lubricants all have a significant impact on the reliability and service life of the unit.

Энергетическая газотурбинная установка ГТЭ-160 номинальной мощностью 157 МВт выпускалась совместным предприятием «Силовые машины» и Siemens по лицензии Siemens на базе компонентов турбины V94.2. Первые две ГТУ были изготовлены и поставлены на Калининградскую ТЭЦ-2 в 2004 году. Пилотный блок ПГУ-450 на базе отечественного оборудования был успешно сдан в эксплуатацию в 2005 году. ГТЭ-160 является надежным агрегатом, который может использоваться в режиме простого или комбинированного цикла. ГТУ имеет низкий уровень выбросов NO_x даже при работе на частичной нагрузке.

В научно-техническом аспекте освоение производства турбины V94.2 было признано наиболее предпочтительным в плане развития отечественной технологической базы и ее использования для разработок перспективных ГТУ следующих поколений.

При этом необходимо отметить, что упорная часть подшипника ГТУ ГТЭ-160 является проблемным узлом парка турбин данного типа. Возникающие повышенные осевые усилия, электроэрозия, нарушение системы маслоподачи – все эти факторы могут привести к преждевременному износу и разрушению упорного узла.

Опыт эксплуатации и технического обслуживания показывает, что заявленную компанией-лицензиаром (Siemens) периодичность инспекций (66 000 экв. часов эксплуатации) со вскрытием узла нечасто удается выдержать. Необходимость вскрытия корпуса подшипника обычно появляется уже в ходе первой инспекции со вскрытием горячей части турбины. Износ упорной части, вызванный нарушением баланса осевых усилий, может потребовать внепланового вывода ротора газовой турбины.

Как один из вариантов решения проблемы преждевременного износа упорной части подшипника ООО «ТурбоСервис Рус» предлагает модернизацию упорной части подшипника – колодок. Вместо баббита в качестве антифрикционного материала колодок в модернизированном подшипнике используется более износостойкий полимерный материал (КЗОПТ). По такой технологии возможно как изготовление новых, модернизированных колодок, так и восстановление бывших в эксплуатации.

Полимерный материал, по сравнению с традиционно применяемыми баббитовыми сплавами, имеет более совершенные гидродинамические, физические и электрические свойства: повышенная нагрузочная способность, возможность работы при более высоких температурах (до 250 °С), надежная работа в условиях масляного «голодания», повышенная устойчивость к воздействию электрической эрозии [1–5].

Модернизация подшипника возможна в ходе выполнения любой инспекции газовой турбины, включающей в себя работы по вскрытию корпуса подшипника компрессора.

Компанией «ТурбоСервис Рус» были проведены модернизации подшипников компрессора на двух турбинах ГТЭ-160. Установленные модернизированные колодки прошли полный цикл предварительных и приемочных испытаний. Дальнейший мониторинг теплового состояния модернизированных подшипников ведется в



Рис. 1.

Секция упорного подшипника ГТЭ-160

ходе анализа эксплуатационных данных и в процессе выполнения плановых малых инспекций. Суммарная наработка обоих комплектов на текущий момент составляет порядка 15 000 экв. часов.

Использование антифрикционного слоя на основе модифицированного графита имеет следующие преимущества перед традиционной конструкцией с баббитом:

- динамические подшипники скольжения допускают работу со смазкой низкой вязкости, что позволяет уменьшить потери мощности в подшипнике в 10 раз;
- снижение потерь мощности на трение достигается за счет десятикратного уменьшения коэффициента трения;
- работа в условиях масляного «голодания» при пуске и останове позволяет защитить поверхность вала от механических повреждений: задилов, наклепов, растрескивания и пригорания;
- уменьшение пускового крутящего момента;
- устойчивость к воздействию большинства химических соединений, включая сероводород и аммиак;
- возможность работы с повышенным содержанием газа в масле;
- повышенная допускаемая нагрузка на подшипник позволяет уменьшить его габарит либо увеличить нагрузку в штатном габарите;
- рабочая температура подшипников с полимерной смазкой (до 250 °С) превышает в 2,5 раза показатели баббитовых подшипников;
- повышенная допускаемая нагрузка и высокая рабочая температура позволяет уменьшить давление и расход масла через подшипник, увеличить температуру подаваемого масла;
- по износостойкости подшипники с антифрикционным слоем превосходят баббитовые минимум в три раза;
- пленочное покрытие шеек ротора, выделяемое модифицированным графитом, гарантирует отсутствие износа рабочих поверхностей вала ротора и уменьшение его коэффициента трения;
- полимерные материалы обладают способностью запрессовывать в себя инородные включения, попадающие в масляный клин;
- коэффициент трения скольжения полимерного материала в 10 раз меньше, чем баббита, при максимально допустимой нагрузке.

Предлагаемое решение обеспечивает эксплуатантам газотурбинных установок ГТЭ-160 снижение затрат на обслуживание и ремонт узла, а в отдельных случаях – возможность избежать внеплановой инспекции с демонтажом ротора газовой турбины. **TD**

Параметр	Значение	
	Баббит	Антифрикционный слой
Материал	Баббит	Антифрикционный слой
Коррозия и воздействие агрессивных сред	Подвержен	Нет
Усталость	Сильно подвержен	Нет
Термическое фасетирование поверхности	Наблюдается	Нет
Межзерновое растрескивание	Наблюдается	Нет
Кавитационные повреждения	Наблюдается	Нет
Повреждения от индукционных токов	Наблюдается	Нет
Потеря смазки	Критична	Некритична
Задир шейки ротора	Коксование, фасетирование, коррозия, выплавка	Нет. Выдерживает кратковременные перегревы до 300 °С
Температура изгиба под нагрузкой 1,8 МПа	240 °С	343 °С
Рабочая температура, максимальная	70 °С	250 °С
Удельное рабочее давление, МПа	10...15	20...30
Предел текучести, МПа	78...79	370
Предел прочности при сжатии, МПа	102...105	230
Предел прочности при изгибе, МПа	–	290
Твердость по Шору	–	85
Плотность, кг/см ³	7,35	1,44
Коэффициенты теплопроводности, вдоль потока/средний, Вт/(м·К)	33,6	2,2/1,3
Удельное электросопротивление, (Ом·м)	10 ⁻⁷	10 ⁻⁸
Коэффициенты линейного расширения вдоль потока/средний (α , 1/°С), 10 ⁻⁶	16...31	9/35
Износ при сухом трении по стали, 10 ⁻³ мм ³ /см ² ·км	1620	4
Коэффициенты трения покоя	0,24...0,38	0,09
Коэффициенты трения скольжения при страгивании	0,28	0,04
Коэффициенты трения скольжения при установившемся режиме сухое/масло	0,09	0,007

Список использованных источников

1. Овчаренко Н. Ю. Технический прогресс в разработке новых подшипниковых материалов узлов трения / Н. Ю. Овчаренко, С. В. Ладенко, М. Ю. Егорушков // Турбины и дизели. – 2023. – № 4 (109). – С. 16-18. – EDN PSMEAP.

2. Технические характеристики Антифрикционный слой К30ПТ [Электрон. ресурс]. – URL: <https://npkpt.ru/tehnologiya/tehnicheskie-karakteristiki.html> (дата обращения: 20.10.2025).

3. Егорушков М. Ю. Применение полимерных материалов в конструкции подшипниковых опор энергетического оборудования / М. Ю. Егорушков, И. Ю. Кляйнрок, Н. Ю. Овчаренко // Турбины и дизели. – 2024. – № 4 (115). – С. 70-75. – EDN EKOVOO.

4. Гилев К. О. Перспективы развития газотурбинной установки Т32 в составе агрегата ГПА-32 «Ладога» / К. О. Гилев, И. Ю. Кляйнрок, А. Ю. Култышев // Турбины и дизели. – 2023. – № 1 (106). – С. 4-6. – EDN KEYLAA.

5. Термоустойчивые материалы в опорах стационарных газотурбинных установок. Модернизация опор ГТУ Т32 / Н. Ю. Овчаренко, М. Ю. Егорушков, П. Г. Романенков, А. Е. Константинов // Турбины и дизели. – 2024. – № 1 (112). – С. 98-102. – EDN FVHZKO.

Tabl.

Сравнительные технические характеристики материалов баббит (Б-83) и полимерного антифрикционного слоя