

ПРОБЛЕМЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТОРЦОВЫХ ГАЗОДИНАМИЧЕСКИХ УПЛОТНЕНИЙ В АВИАЦИОННЫХ ДВИГАТЕЛЯХ

Сахипов Р. А., Кильсеев В. И.

«Самарский национальный исследовательский университет
имени академика С.П. Королёва», г. Самара, batimamadenova@gmail.com

Ключевые слова: торцовые уплотнения с газовой смазкой, авиационные двигатели, газовая смазка, материалы уплотнений.

Современные требования к авиационным двигателям включают повышение экономичности, увеличение ресурса (до 30–100 тыс. часов), рост степени повышения давления в компрессоре, температуры газа перед турбиной и частот вращения роторов. Это делает традиционные контактные уплотнения недостаточно эффективными. Торцовые газодинамические уплотнения (ТГДУ) с газовой смазкой способны работать с минимальным износом и низкими утечками, что особенно важно для перспективных «сухих» (безмасляных) двигателей. Однако их внедрение в авиации сдерживается рядом проблем, связанных с экстремальными нагрузками, многорежимностью, деформациями колец и риском попадания масла в уплотнительную щель.

Основные проблемы создания ТГДУ для авиадвигателей обусловлены высокими перепадами давления, температуры и скоростей скольжения, а также динамическими нагрузками. Многорежимность работы двигателя приводит к циклическим изменениям нагрузок и, как следствие, к переменным деформациям уплотнительных поверхностей. Требования к материалам включают применение специальных эластомеров или эластичного графита для вторичных уплотнений, высокую точность изготовления (лазерная обработка микроканалов) и обеспечение чистоты газа на входе (не более 5 мкм). В отличие от стационарных установок, в авиадвигателе ограниченное монтажное пространство не позволяет устанавливать дополнительные масляные уплотнения и системы продувки, что повышает риск попадания масла в щель ТГДУ.

Ценным аналогом является опыт эксплуатации ТГДУ в нагнетателях природного газа (например, Н-370-18-1 со спиральными канавками глубиной 7 мкм). Реальная эксплуатация показала, что уплотнения сохраняли работоспособность после трёх аварийных остановов по помпажу, несмотря на обнаружение масла с частицами графита в газодинамических канавках. Износ графитового кольца был незначителен, однако вторичное резиновое уплотнение деформировалось из-за высокой температуры, приняв форму, близкую к квадрату. Достигнутый ресурс (14 тыс. часов) ниже требуемого для нагнетателей (120 тыс. часов), но достаточен для авиации, с рекомендованными межремонтными переборками.

Для оценки влияния масла были выполнены расчётные исследования. При течении гомогенной суспензии «газ-масло» (15% массовой доли масла) утечки газа практически не изменяются во всём диапазоне перепада давления, но существенно растёт момент трения. Моделирование в ANSYS показало, что при повышении мощности трения в 5 раз (перепад 5 МПа) температура контактирующих поверхностей достигает 220°C, а в зоне вторичного уплотнения – 195°C.

Таким образом, использование газовой смазки в уплотнениях авиационных двигателей является перспективным направлением. Накопленный теоретический и экспериментальный материал, а также опыт эксплуатации в нагнетателях подтверждают работоспособность ТГДУ, в том числе при попадании масла. Однако для создания высокоэффективных уплотнений требуется системный подход к расчёту течения масловоздушной смеси, выявление механизмов самовосстановления уплотнения и проведение углублённых расчётных и экспериментальных исследований.

Сведения об авторах

Сахипов Руслан Альбекович – студент, новые технологии и материалы

Кильсеев Владимир Ильич – студент, новые технологии и материалы

**PROBLEMS OF USE MECHANICAL GAS-DYNAMIC SEALS
IN AIRCRAFT ENGINES**

Sakhipov R. A., Kilseev V.

Samara National Research University
named after Academician S.P. Korolev, Samara
Samara

Key words: gas-lubricated mechanical seals, aircraft engines, gas lubrication, seal materials, TGDU