

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ РАДИАЛЬНО-ТОРЦОВЫХ УПЛОТНЕНИЙ АВИАЦИОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

©2016 С.В.Фалалеев, П.В.Бондарчук

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва

THE IMPROVEMENT DIRECTION OF RADIAL-FACE SEALS FOR ROTOR SUPPORTS OF AIRCRAFT ENGINES

Falaleev S.V., Bondarchuk P.V. (Samara National Research University, Samara, Russian Federation)

The radial-face contacts seals are the most wide-spread type of seals used for the aircraft engine rotor supports. In order to increase the sealing reliability the hydrodynamic grooves of unique form are made using a laser. Has been presented results of testing a new type of sealing for the engine rotor support as part of a moving-base simulator and aircraft gas-turbine engine.

Разработка новых двигателей сдерживается отсутствием доведённых высокоресурсных уплотнительных узлов, способных работать в более жёстких условиях эксплуатации. В Самарском национальном исследовательском университете имени академика С.П. Королёва производится разработка и внедрение высокоресурсных и экономичных торцовых уплотнений с газовой и жидкостной смазкой как в нагнетатели природного газа (в настоящее время модернизировано уже 45 компрессоров), так и в авиационные двигатели. Такие уплотнения работают по принципу уравнивания осевых сил, действующих на аксиально-подвижное и вращающееся кольца (рис. 1). На торцевой поверхности вращающегося кольца уплотнения выполняются микроканавки сложной формы. При нагнетании рабочей среды в уплотнительную щель давление в ней повышается, в результате чего аксиально-подвижное кольцо смещается и в паре трения образуется гарантированный зазор 1...3 мкм.

При проектировании уплотнений основной задачей является определение характеристик слоя смазки в зазоре при наличии микроканавок произвольной формы. Для торцовых газо- и гидродинамических уплотнений с микроканавками были разработаны математические модели, основанные на применении метода конечных объёмов.

Традиционно опоры ротора компрессора уплотняются контактными уплотнениями, так как это обеспечивает наилучшую герметичность. Замена ТКУ (или РТКУ) на бесконтактное уплотнение может значительно увеличить ресурс уплотнения при незначительном снижении герметичности.

Работа по внедрению уплотнений с газовой и жидкостной смазкой в авиационные двигатели выполняется в сотрудничестве с ПАО "Кузнецов". Были спроектированы и изготовлены опытные образцы радиально-торцовых контактных уплотнений для средней опоры компрессора авиационного двигателя (рис. 1).



а



б

Рис. 1. Фото втулок радиально-торцовых уплотнений с газодинамическими (а) и гидродинамическими (б) микроканавками

Конструкция уплотнения с гидродинамическими канавками представлена на рис. 2. Уплотнительный узел разделяет воздушную полость компрессора и масляную полость опоры. Контакт уплотнения на поверхности А смазывается. Несколько струйных форсунок подают масло под козырёк втулки, где за счёт центробежных сил обра-

зуется масляная ванна и масло под давлением поступает в зазор. Поршневое кольцо уплотнения изготовлено из пирографита, на контактной поверхности стальной втулки нанесено хром-молибденовое покрытие. Для обеспечения бесконтактного режима на поверхность А втулки нанесена структура микроканалов (рис. 1,б).

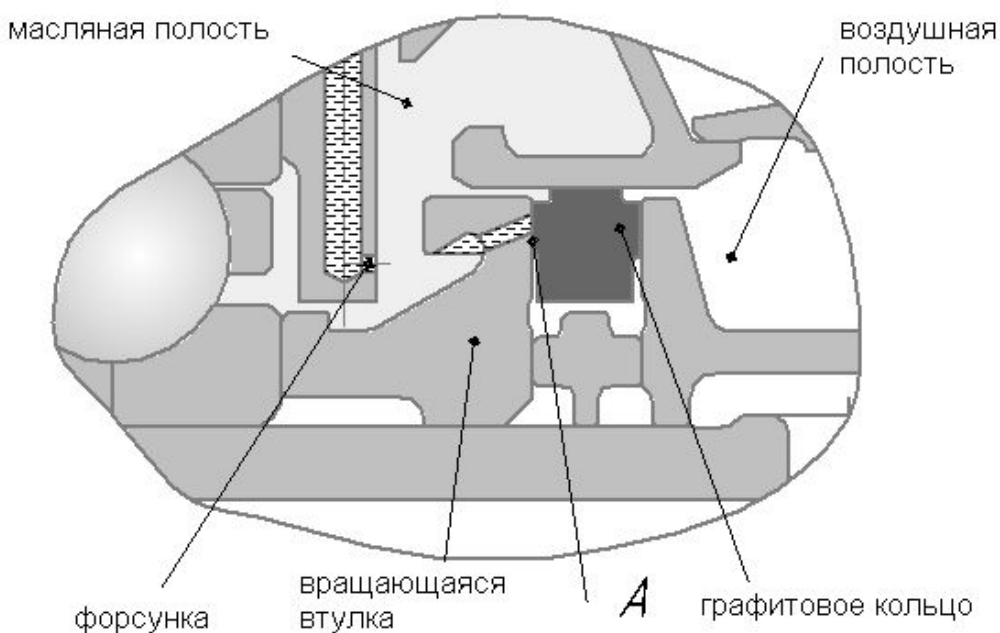


Рис. 2. Конструкция уплотнения опоры ротора компрессора

Результаты расчётов показали, что уплотнения работают с зазором около 2 мкм на всех режимах работы двигателя. При этом утечки воздуха составляют менее 0,05 г/с. Испытания на стенде и в составе двигателя подтвердили эффективность разработанных уплотнений. Следов контакта на рабочих поверхностях не обнаружено.

Таким образом, создана комплексная методика проектирования газодинамических и гидродинамических уплотнений опор ротора с учётом концепции совместного гидродинамического и теплового расчётов и многорежимности ГТД. Данная методика позволяет получить характеристики уплотнения с учётом сил инерции, разрыва слоя смазки, реальной формы зазора. Были спроектированы два новых многорежимных уп-

лотнения (газодинамическое и гидродинамическое) для опоры компрессора ГТД. Основываясь на результатах расчёта, были подобраны оптимальные параметры уплотнений, обеспечивающие надёжность работы двигателя за счёт создания гарантированной жидкостной плёнки в контакте торцового уплотнения на всех режимах его работы, что исключает изнашивание уплотнительных поверхностей. Результаты испытаний на стенде и в составе двигателя подтвердили работоспособность и высокую эффективность уплотнений. В качестве дальнейших исследований намечена работа по применению керамических материалов и износостойких DLC-покрытий с малым коэффициентом трения.