

УДК 621.452

О ПЕРСПЕКТИВНОМ ПОДВОДЕ МАСЛА К ПОДШИПНИКОВОМУ УЗЛУ ГТД

© 2013 А.А. Боев¹, А.Г. Петрухин¹, А.О. Шкловец²

¹ ОАО «Кузнецов», Самара, Россия

² Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королёва (национальный исследовательский университет)

Поступила в редакцию 02.12.2013

В статье рассмотрены различные способы подачи масла к подшипниковому узлу ГТД. На основании проведенного анализа преимуществ и недостатков существующих методов предложен перспективный способ подачи масла через маслозахватное кольцо. Рассчитана оптимальная геометрия маслозахватного кольца для конкретных условий работы.

Ключевые слова: подшипник ГТД, подвод масла, маслозахватное кольцо.

Надежная и безотказная работа подшипников роторов ГТД во многом обеспечивается организацией подачи масла в узлы опор. Масло, подаваемое в подшипники, предназначено не только для смазки трущихся частей, но и для отвода от них тепла.

В условиях работы на двигателе рабочая температура подшипника обусловлена тепловыделением элементов трения подшипника, подогревом от контактирующих с ним деталей статора и ротора, а также подводом тепла от воздуха, поступающего в опору через уплотнения. Отвод тепла обеспечивает масло, подаваемое на подшипник. При этом кроме поддержания приемлемого среднего уровня температуры обойм и тел качения подшипника, очень важно не допускать у них значительных температурных градиентов, приводящих к износу поверхностей качения вследствие выборки зазоров между его элементами и заклинивания тел качения.

В настоящее время наиболее широко распространены два способа подачи к подшипниковому узлу ротора ГТД [1-3]:

- через калиброванные отверстия в зазор между внутренним кольцом и сепаратором (применяется на двигателях РД-33, Д-30, Д-36, НК-36СТ) (рис.1);

- через отверстия во внутреннем кольце подшипника (применяется на двигателях CFM-56, PW-6000, TRENT, AL-31) (рис. 2).

Оба способа имеют как преимущества, так и недостатки.

При первом способе подачи масло не попадает непосредственно в зону контакта тел качения

Боев Александр Алексеевич, инженер-конструктор, аспирант СГАУ. E-mail: alex_boyev@mail.ru

Петрухин Анатолий Геннадьевич, инженер-конструктор, аспирант СГАУ. E-mail: petruhin_t@mail.ru

Шкловец Александр Олегович, младший научный сотрудник ОНИЛ-1 СГАУ, аспирант СГАУ.

E-mail: ssau_shklovets@mail.ru

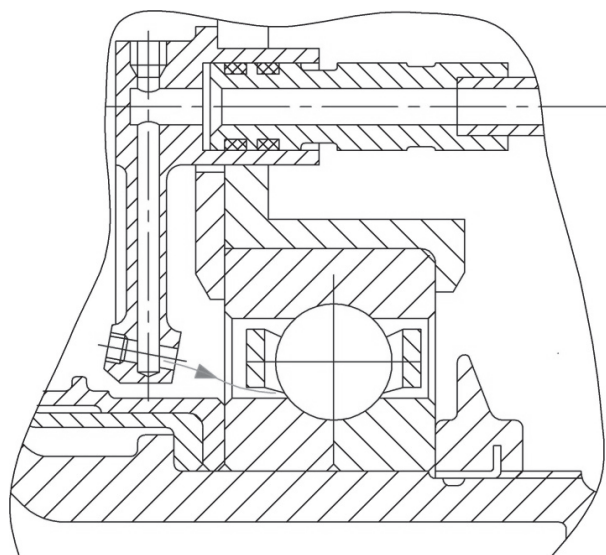


Рис. 1. Подача масла в зазор между внутренним кольцом и сепаратором

и беговой дорожки, вследствие чего увеличивается радиальный градиент температур обойм подшипника, что снижает его ресурс и надежность. Такой способ, в основном, применяется в стационарных машинах [4].

Второй способ требует размещения коммуникаций внутри ротора двигателя, что не всегда конструктивно может быть выполнено.

Одним из возможных решений задачи подвода масла к подшипниковому узлу в этом случае является подвод масла с помощью так называемого маслозахватного кольца (рис. 3).

Маслозахватное кольцо (рис. 4, 5) представляет собой деталь цилиндрической формы с центральным отверстием, в которой в окружном направлении выполнены наклонные пазы, которые заканчиваются коническими раскрывающимися к торцу подшипника канавками.

Струя масла из форсунки, направленная в сторону маслозахватного кольца, взаимодей-

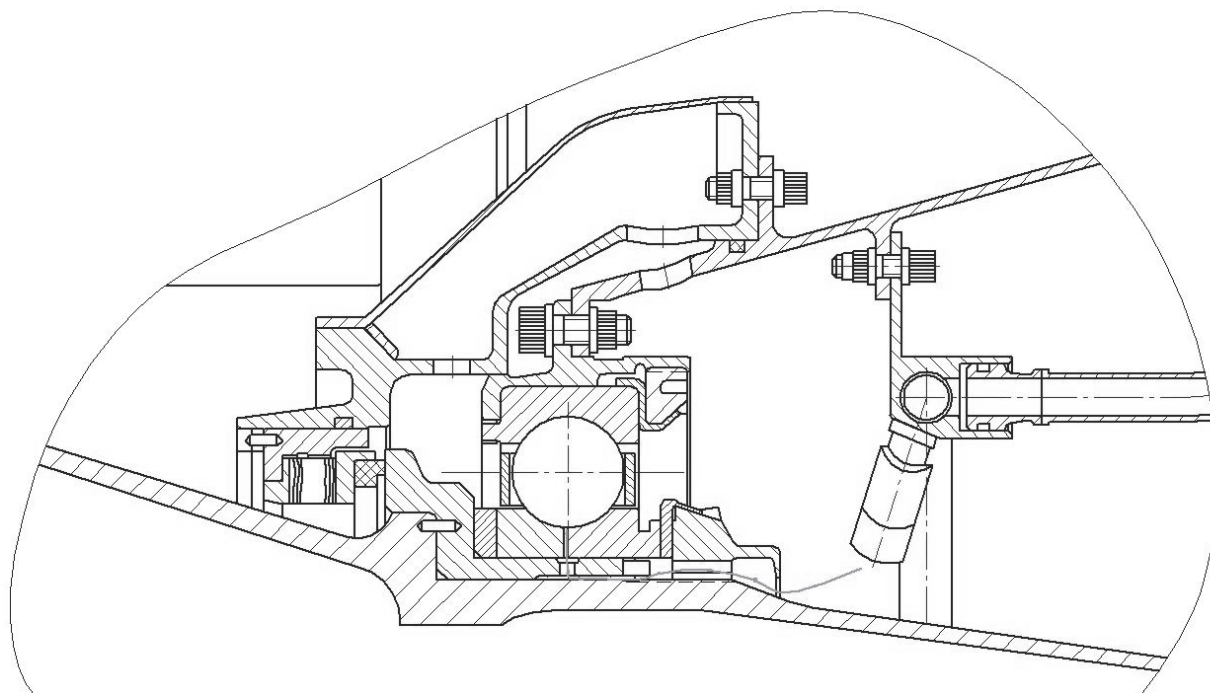


Рис. 2. Подача масла через отверстия во внутреннем кольце подшипника

ствует с поверхностью входного участка канала кольца и его кинетическая энергия преобразуется в статическое давление потока масла в канале.

Главной сложностью при проектировании такого способа подвода масла является то, что масло должно двигаться в направлении, противоположном центробежным силам (рис. 6). В связи с этим ключевое значение для расчета имеют следующие параметры: частота вращения ротора, скорость истечения масла из форсунки, число каналов и их геометрия.

Данный способ подачи масла объединяет достоинства вышеописанных способов и исключает их недостатки. То есть позволяет, не увеличивая габариты опоры, подавать масло непосредственно в зону контакта тел качения и беговой дорожки подшипника, что дает возможность обеспечить низкий градиент температуры подшипника в радиальном направлении.

Такой способ возможен к применению не только на вновь проектируемых двигателях, но и на существующих авиационных двигателях,

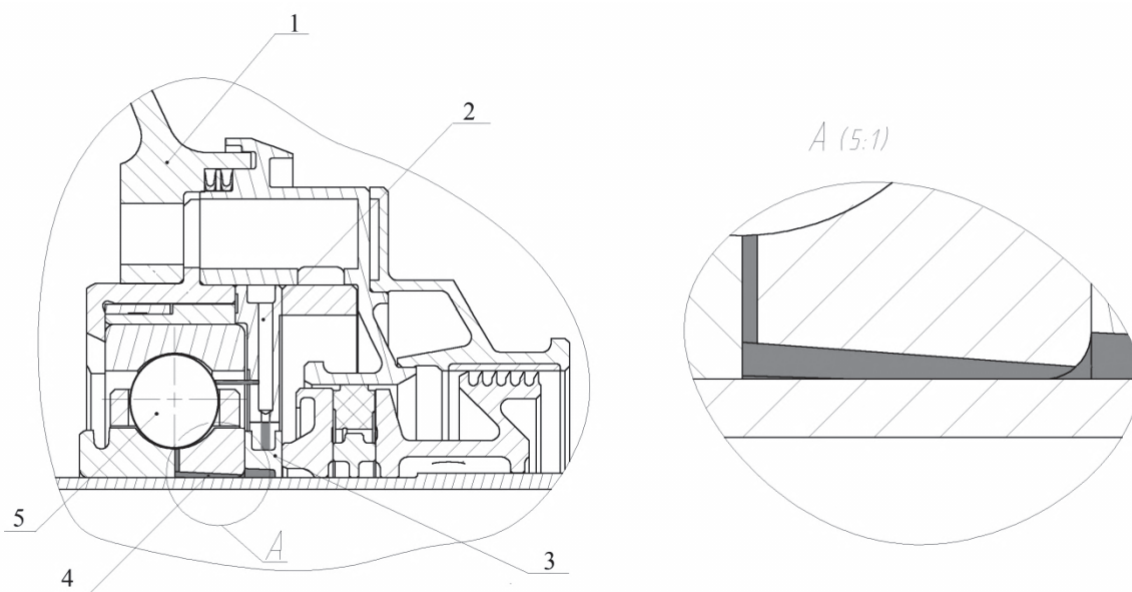


Рис. 3. Подвод масла через маслозахватное кольцо:

1 – опора ГТД; 2 – форсунка; 3 – маслозахватное кольцо; 4 – каналы внутри ротора двигателя; 5 – подшипник

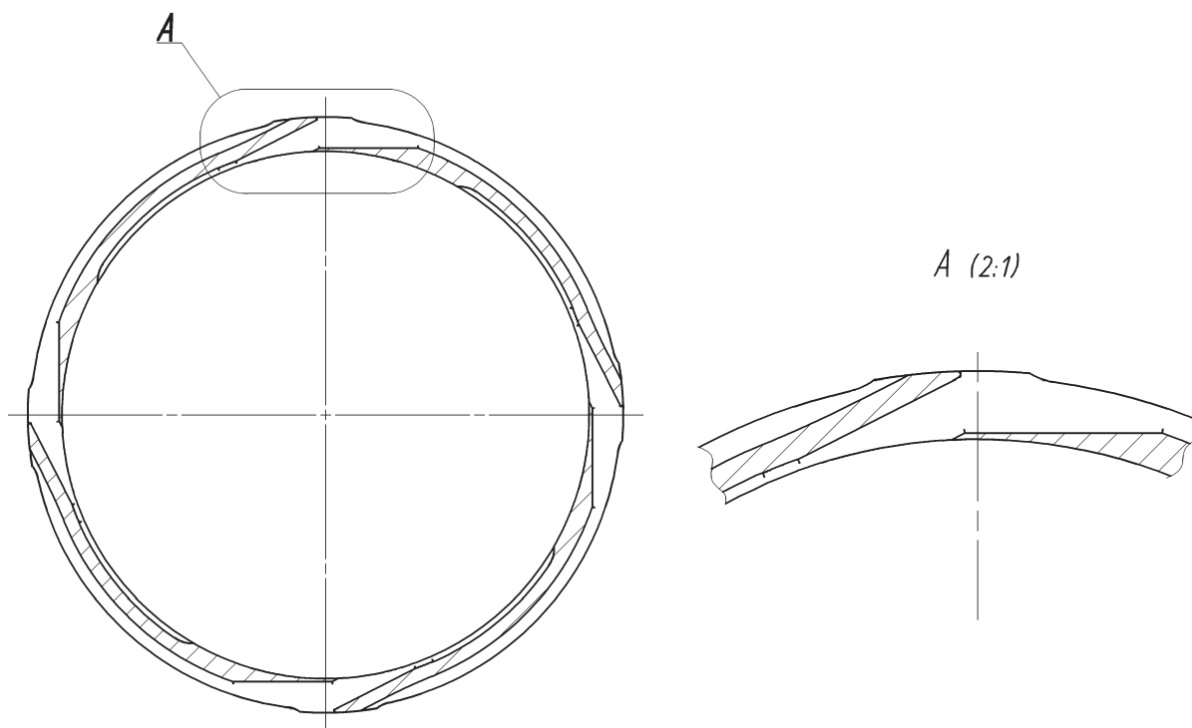


Рис. 4. Разрез маслозахватного кольца



Рис. 5. Фотография маслозахватного кольца

позволяя увеличить ресурс одних из самых высоконагруженных подшипников с незначительным изменением конструкции. Особенно актуально это решение для конвертируемых двигателей (как правило, у них по сравнению с базовым двигателем ресурс должен быть увеличен в де-

сятки раз), позволяя достичь требуемых показателей надежности с максимальным сохранением материальной части.

На ОАО «КУЗНЕЦОВ» выполнена модернизация конвертируемого двигателя НК-37 с внедрением в конструкцию узла радиально-упорного под-

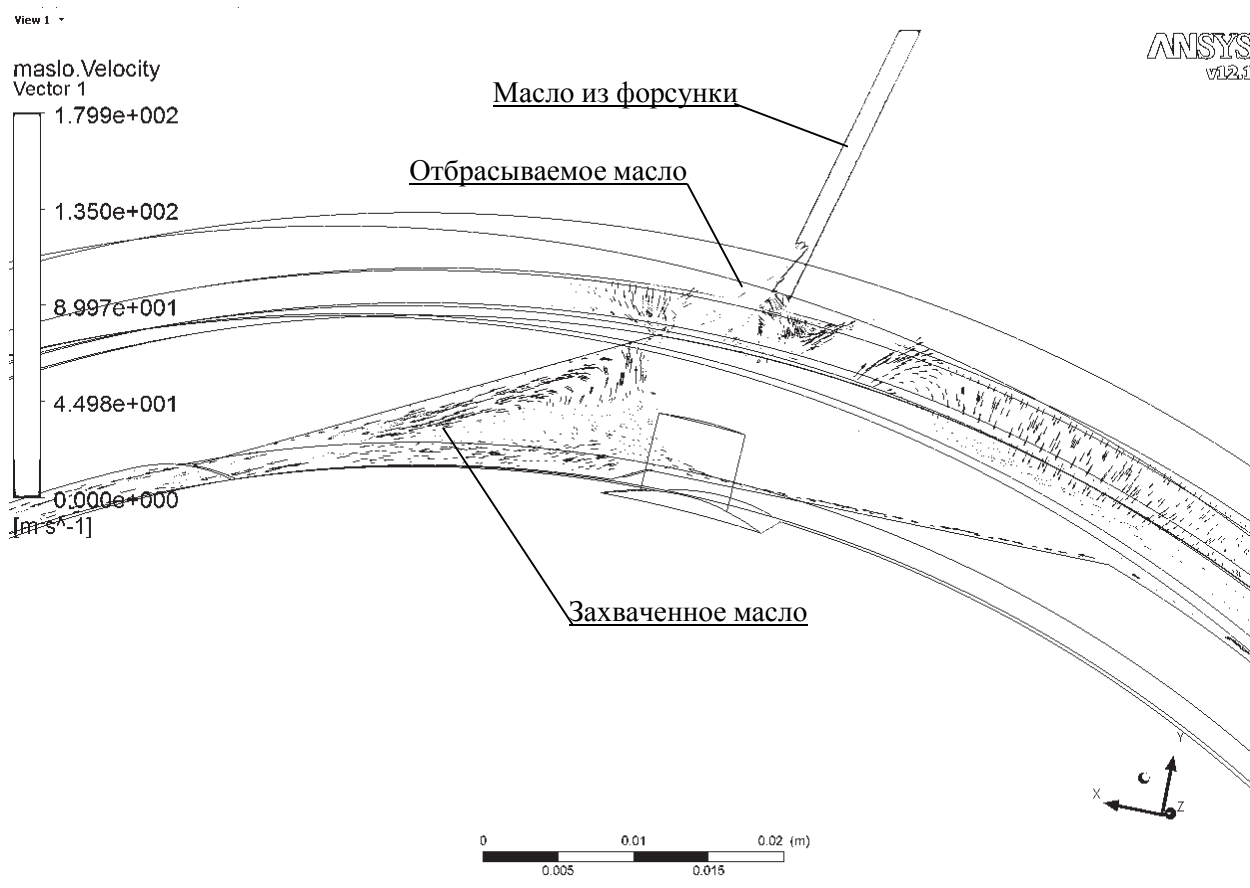


Рис. 6. Движение масла при попадании в маслозахватное кольцо

шипника ротора высокого давления подвода смазки через маслозахватное кольцо. Так как экспериментальная отработка конструкции требует значительных временных и материальных затрат, то предварительно была использована технология её «виртуальной» разработки [5]. На рис. 6 представлена картина течения масла на входе в канал маслозахватного кольца, полученная с использованием пакета CFX ANSYS. В модели учитывалась двухфазность среды, протекающей через канал.

В результате проведенного исследования была выполнена оптимизация конструкции маслозахватного кольца и форсунки. Определено число каналов, подающих оптимальное количество масла в заданных условиях работы. Следует отметить, что при малом количестве захватов большая часть масла будет отбрасываться, а при большом масле не будет успевать достигать поверхности на маслозахватном кольце, с которого возможен захват.

Значительное влияние оказывает угол наклона стенки канала. При больших углах центробежные силы отбрасывают значительную часть масла, а при малых невозможно конструктивно выполнить необходимое количество каналов в заданных габаритах. Поэтому возник вариант с наклоном форсунки, расчет которого показал, что это конструктивное исполнение не приносит увеличения прокачки масла.

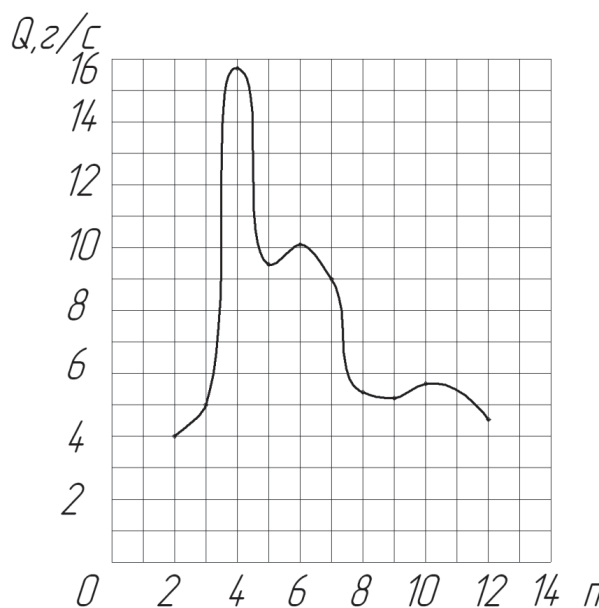


Рис. 7. Расчетная зависимость прокачки масла от числа захватов

Для радиально-упорного подшипника, имеющего частоту вращения 9600 об/мин, смазываемого маслом с давлением 0,4 МПа через два жиклера в форсунке диаметром 1,2 мм оптимальная конструкция маслозахватного кольца включает четыре канала (рис. 7) с наклоном стенки 27 градусов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Основы конструирования авиационных двигателей и энергетических установок. Т. 4 / А.А. Иноземцев, М.А. Нихамкин, В.Л. Сандрацкий. М.: Машиностроение, 2008. 190 с.
2. Кулешов В.В. ТРДДФ РД-33. М.: МАИ, 1986. 90 с.
3. Иностраные авиационные двигатели, 2000: Справочник / Л.И. Соркин. М.: Изд. Дом «Авиамир», 2000. 534 с.
4. Повышение эксплуатационной надежности ГПА развитием конвертированных авиационных технологий / С.Д. Медведев, С.В. Фалалеев, Д.К. Новиков, В.Б. Балякин // Самара: СНЦ РАН, 2008. 371 с.
5. Фалалеев С.В., Мятлев А.С., Тисарев А.Ю. Разработка виртуальных конструкций двигателей // Вестник УГАТУ. 2012. №2(47) Т.16. С.51-54.

ABOUT PROMISING METHOD SUPPLY OIL TO BEARING OF GAS TURBIN ENGINE

© 2013 A.A. Boev¹, A.G. Petrukhin¹, A.O. Shklovets²

¹JSC "Kuznetsov", Samara

²Samara State Aerospace University named after Academician S.P. Korolyov
(National Research University)

The paper presents different oil supply approaches to gas turbine engine bearing assembly. Basing upon the performed analysis of existing method advantages and disadvantages, there is offered the advanced method of oil supply through the oil-catching ring. The optimum oil-catching ring is calculated under certain gas turbine engine operating conditions.

Keywords: bearings of gas turbine engines, supply oil, oil-catching ring.

Aleksandr Boev, Design Engineer, Graduate Student of SSAU.

E-mail: alex_bojev@mail.ru

Anatolij Petruhin, Design Engineer, Graduate Student of

SSAU. E-mail: petruhin_t@mail.ru

Aleksandr Shklovets, Associate Research Fellow, Graduate

Student of SSAU. E-mail: ssau_shklovets@mail.ru