

ОСОБЕННОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ РАСХОДА МАСЛА ПРИ СТЕНДОВЫХ ИСПЫТАНИЯХ НАЗЕМНЫХ ГТД

Гришанов О. А.

ПАО «ОДК Кузнецов»
Заводское шоссе д. 29,
г. Самара, 443009,
Российская Федерация

oa.grishanov@uec-kuznetsov.ru

Часовой расход масла – один из основных эксплуатационных параметров ГТД. В статье рассмотрены проблемы, связанные с определением расхода масла при стендовых испытаниях газотурбинных приводов. Требуемую погрешность измерения – не более 0,1 кг/ч сложно обеспечить при объеме стендовой маслосистемы порядка 200 л и большой тепловой инерции. Поэтому в статье предложено с целью экономии топлива исключить специальные испытания по определению расхода масла из программы стендовых приёмо-сдаточных испытаний и перенести их в состав приёмочных испытаний двигателя в составе газоперекачивающего агрегата.

Ключевые слова: приёмо-сдаточные испытания; стендовая масляная система; суфлёр; расход масла

1 Введение

У газотурбинного привода, работающего в составе газоперекачивающего агрегата (ГПА), эксплуатационный расход масла в основном определяется следующими причинами [1, 2]:

- потерями масла через систему суфлирования в виде паров и частиц неотделённого суфлёром масла (как правило, размером менее 5 мкм);
- испарением масла при контакте с нагретыми свыше 250°C поверхностями масляных полостей и воздухом, втекающим в полости через подвижные уплотнения;
- нарушениями качества сборки, внешними негерметичностями трубопроводов и агрегатов;
- утечками масла через подвижные уплотнения роторов вследствие неверного выбора типа уплотнения, недостаточного перепада давления между наддувающим уплотнением воздухом и давлением в маслополости, недостатков конструкции уплотнения, дефектов их изготовления и повреждений в эксплуатации.

Основной причиной потерь масла являются потери через систему суфлирования. Наиболее тепло- и расходонапряжённой является

опора турбины газогенератора и её система суфлирования, поэтому, как правило, в исследованиях по расходу масла ей уделяется основное внимание.

По ТУ на газотурбинный двигатель для привода ГПА расход масла должен составлять не более 0,6 кг/ч.

2 История проблемы

С начала производства на предприятии газотурбинных приводов и до 2014 г. отмечались случаи, когда, несмотря на нормальный расход, замеренный при приёмо-сдаточных испытаниях (ПСИ), в эксплуатацию попадали двигатели с неприемлемым расходом 3...5 кг/ч. Вследствие этого предприятию по гарантии двигателя возвращались на переборку. Причина дефекта в то время не была выяснена.

С целью снижения логистических убытков было предложено ввести в состав ПСИ этап с работой двигателя на номинальном режиме в течение одного часа при стабильной (с точностью до 1 С) температуре масла. Повышенную точность при испытании должен обеспечивать текущий дистанционный контроль уровня масла в контрольной зоне

бака методом измерения давления гидростатического столба.

При проведении ПСИ измерение расхода масла по существующей инструкции приводит к дополнительным потерям 5,2 т топливного газа.

Позднее было экспериментально установлено, что причиной повышенного на отдельных двигателях расхода масла являлись утечки масла под втулками насаживаемых при конвертации лабиринтов. После введения в начале 2014 г. пайки в месте посадки втулок уплотнений дефект удалось устранить и расходы масла в эксплуатации снизились в среднем до приемлемых 0,3...0,5 кг/ч. Рекламации из эксплуатации по данному вопросу с 2014 г. не поступали. Эскиз мероприятия по дефекту приведён на рисунке 1.

Однако, в результате измерения расхода масла во время ПСИ при отсутствии внешних утечек наблюдались отклонения полученных величин от среднестатистических значений в диапазоне от 0,1 до 0,8 кг/ч.

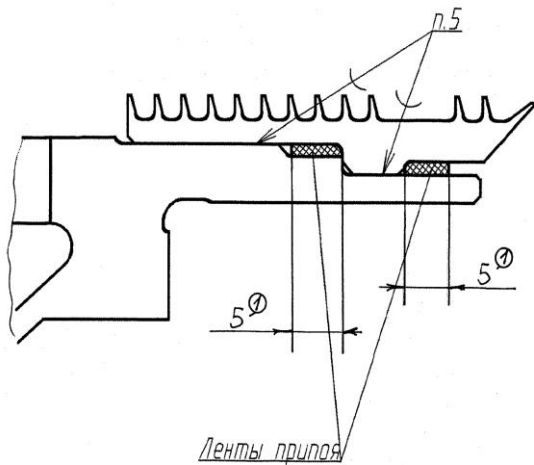


Рисунок 1. Эскиз установки лабиринтного уплотнения на задний вал турбины газогенератора с применением пайки

3 Анализ особенностей методики измерения расхода

Был проведён анализ возможных причин указанных выше отклонений и показано, что это может быть следствием особенности сборки двигателя и его агрегатов или следствием несовершенства технологии измерения расхода масла на испытательном стенде.

Далее были исследованы возможные причины повышенного расхода масла:

- утечки через уплотнение вала суфлёра;
- потери через крыльчатку суфлёра опоры турбины газогенератора;
- увеличенная теплоотдача опоры турбины в масло.

Ни одна из указанных причин не показала корреляцию с величиной измеренного расхода масла. Поэтому внимание было обращено на методические особенности измерения расхода масла.

На всех компрессорных станциях (КС), эксплуатирующих указанные выше двигатели, измеренный за длительный период часовой расход масла укладывался в нормативные ограничения. Исключения составляли редкие случаи нарушения герметичности элементов масляных полостей в период исчерпания ресурса, которые невозможно было устранить на месте. Информация о расходе масла за межрегламентный период регулярно поступает из эксплуатации от пребывавших на КС работников Сервисного центра предприятия. По этим сведениям, средний эксплуатационный расход по парку двигателей с 2016 г. составил 0,34 кг/ч.

Приведённое выше исследование заставило сомневаться в методических принципах измерения расхода масла в стендовой системе. Масляная система стенда для испытания газотурбинных приводов включает подсистемы: охлаждения масла; фильтрации масла; удаление из него воздуха; суфлирования масляных полостей. В отличие от авиационных двигателей, указанные подсистемы у ГТД наземного исполнения располагаются не на двигателе, а на стенде. При этом для охлаждения масла используется вода, вследствие чего водомасляные теплообменники вынесены от испытательного бокса в отдельное отапливаемое помещение под кабиной наблюдения. В это же помещение вынесены фильтры, устанавливаемые за теплообменниками в линии возврата масла в двигатель. Так называемое дуплексное исполнение блока фильтров позволяет менять их фильтроэлементы, не останавливая испытание.

Длина трубопроводов большого диаметра (для снижения сопротивления) и размерность применяемых стендовых агрегатов привели к росту объема циркулирующего в масляной системе стенда масла до 200 л. Масляный бак, не участвующий в циркуляции, имеет заправляемый объем 75 л. Очевидно, что местные отклонения температуры на отдельных участках от измеряемой на входе в двигатель величины могут заметно увеличить погрешность измерения уровня масла в баке. Эксперимент с повторным из-

мерением расхода масла в практически одинаковых внешних условиях показал погрешность не менее 0,3 кг/ч. Поэтому добиться стабильных и достоверных показателей расхода масла в условиях относительно кратковременного ПСИ невозможно. Этих же взглядов придерживаются специалисты ПАО «ОДК-Пермские моторы».

Статистика измеренных величин расхода масла на КС и при ПСИ приведена на рисунке 2.

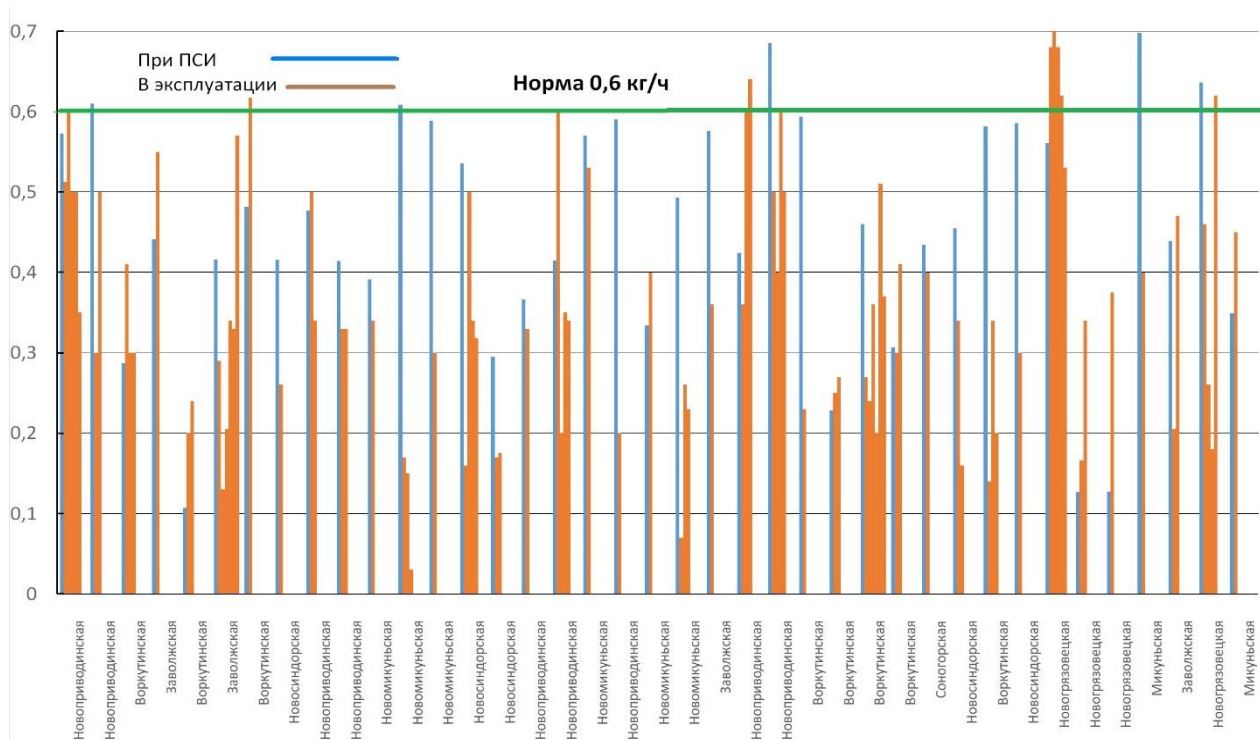


Рисунок 2. Статистика измеренных величин расхода масла на КС и при ПСИ

4 Статистика расхода масла в эксплуатации

Двигатели производства ПАО «ОДК-Кузнецов» эксплуатируются в составе ГПА четырёх типов, и во всех системах маслообеспечения установлены устройства дополнительной сепарации частиц масла из отводимого по системе суфлирования воздуха. Из диаграммы на рисунке 2, где приведена статистика величин расхода масла при ПСИ и в эксплуатации, следует, что подавляющее большинство двигателей на КС работают с нормальным расходом масла.

Кроме этого, уменьшение безвозвратных потерь масла возможно при использовании современных термостабильных синтетических масел с более низкими показателями испаряемости. Так, на КС «Тольяттинская», использующей масло ВНИИ НП-50-1-4у, с системой маслообеспечения, средний эксплуатационный расход масла двигателя не превышает 0,16 кг/ч.

5 Заключение

В технике существует неписанное правило доводки – ужесточение контроля над ис-

точником серийного дефекта и снижение затрат на контроль вплоть до их исключения в случае внедрения успешных мероприятий и ликвидации дефекта. В случае дефекта с утечками масла под кольцами лабиринтных уплотнений опоры турбины газогенератора данное правило не было реализовано.

На основании вышеизложенного службе главного конструктора было предложено совместить испытание по измерению расхода масла со снятием дроссельной характеристики по основной программе. Несмотря на интегрально более низкий режим работы двигателя, данное испытание технически позволяет выявить возможные дефекты масляной системы и не пропустить в эксплуатацию неисправный двигатель. Одновременно должен быть расширен диапазон внешних осмотров двигателя, включающий демонтаж лючков на оболочке, осмотр проточной части при помощи эндоскопа. Эксплуатирующие организации согласовали перенос испытания по определению расхода масла на 72-часовые испытания поставленного двигателя в составе ГПА.

В настоящее время подготовлен соответствующий раздел в основную программу испытаний и проводятся изменения в технической документации.

Список использованных источников

[1] Трянов, А. Е. Особенности конструкции узлов и систем авиационных двигателей и энергетических установок [Электронный ресурс] : учеб. пособие / А. Е. Трянов ; М-во образования и науки РФ, Самар. гос. аэрокосм. ун-т им. С. П. Королева (нац. исслед. ун-т). - Самара : Изд-во СГАУ, 2011. - on-line

[2] Смазочные масла для приводов и нагнетателей газоперекачивающих агрегатов : учебное пособие / А. Ф. Хурумова, Т. М. Назарова, А. Е. Трянов [и др.] – Москва : ВНИИ НП, 1996 – 176 с.

FEATURES OF OIL CONSUMPTION MEASUREMENT DURING BENCH TESTS OF INDUSTRIAL GAS TURBINE

Grishanov O.A.

JSC « Kuznetsov »

Zavodskoe shosse, 29,
Samara, 443009,
Russian Federation

oa.grishanov@uec-kuznetsov.ru

Oil consumption is one of the main operating parameters of a gas turbine engine. The article deals with the problems associated with determining oil consumption during bench tests of gas turbine drives. The required measurement error of no more than 0.1 kg/h is difficult to achieve with a bench oil system volume of about 200 liters and high thermal inertia. Therefore, the article proposes, in order to save fuel, to exclude special tests to determine oil consumption from the bench acceptance test program and transfer them to the acceptance tests of the engine as part of the gas pumping unit.

Keywords: acceptance tests; bench oil system; breather; oil consumption

References

[1] Tryanov, A.E. Osobennosti konstrukcii uzlov i sistem aviacionnyh dvigatelej i energeticheskikh ustanovok [Features of the design of components and systems of aircraft engines and power plants] [Electronic resource] : [textbook] / A. E. Tryanov ; M-vo obrazovaniya i nauki RF, Samar. gos. aerokosm. un-t im. S. P. Koroleva (nac. issled. un-t) [Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation, Samara State Aerospace University]. – Samara : SSAU Publ, 2011. - on-line/ (in Russian).

[2] Smazochnye masla dlya privodov i nagnetatelej gazoperekachivayushchih agregatov [Oils for drives gas compressors] : textbook / A. F. Hurumova, T. M. Nazarova, A. E. Tryanov [et al.] – Moscow : VNII NP Publ, 1996 – 176 p. (in Russian).