

УДК 629.7.063.7

Разработка научно-технического задела, направленного на исключение ложного срабатывания сигнализатора стружки

Загуменнов Н.В., Князев С.А.

АО «Авиационные редуктора и трансмиссии-Редуктор-ПМ», г. Пермь

Аннотация: В статье приведено краткое описание работ, направленных на формирование научно-технического задела, краткое описание проблематики исследования, а также средств и способов проведения исследования.

Ключевые слова: маслосистема редуктора, стружка в масле, сигнализатор стружки, ложное срабатывание.

Существующие сигнализаторы стружки (далее – СС) и их модификации работают по принципу замыкания двух контактов токопроводящими металлическими частицами, какими являются продукты приработки, одиночные волосовины, одиночные чешуйки стружки и т.д. Наличие данных частиц обусловлено рядом причин: приработкой поверхностей зубьев и подшипников, недостаточной тщательностью промывки полостей редуктора, наличием в корпусах редукторов труднодоступных полостей, из которых затруднительно вымыть мелкие металлические частицы даже при многократной промывке. Попадание на контакты СС этих частиц даже в незначительном количестве способно замкнуть их и спровоцировать срабатывание.

Согласно руководств по летной и технической эксплуатации (например, вертолета Ми-8МТВ) в случае срабатывания СС экипажу независимо от неизменности или ухудшения показаний эксплуатационных параметров редуктора (температура и давление масла в маслосистеме) предписывается прервать полетное задание, далее совершить посадку на ближайшем аэродроме (при неизменности параметров) или совершить посадку на подобранную с воздуха площадку (в случае ухудшения параметров). На земле

осуществляется осмотр СС, и в случае обнаружения на магните стружки, которая характеризуется как продукт естественного износа (например, для главного редуктора ВР-14 это «порошкообразный налет») осуществляется протирка СС и контрольная гонка. При отсутствии повторного оседания стружки осуществляется контрольный полет продолжительностью 40 минут, после которого осуществляется повторный осмотр СС: если стружка не осела на СС, то решение о дальнейшей эксплуатации принимается с представителем завода-изготовителя или ремонтного завода, в противном случае – редуктор отстраняется от эксплуатации.

Если после контрольной гонки на СС вновь оседают мелкодисперсные металлические частицы, то допускается до двух замен масла на свежее с контрольными гонками между заменами. В случае оседания стружки на СС после двух замен масла редуктор отстраняется от эксплуатации.

Краткое описание операций по обслуживанию редуктора в случае срабатывания СС приведено для иллюстрации трудоемкости операций по выяснению причины стружкообразования в эксплуатации. Зачастую срабатывание СС без ухудшения эксплуатационных параметров редуктора является ложным срабатыванием СС. Таким образом, даже ложное срабатывание СС может повлечь за собой прерывание полетного задания и сопутствующие этому расходы эксплуатационного характера.

В статье в качестве средства исключения ложного срабатывания СС рассматривается «прожиг» стружки, т.е. разрушение металлических частиц, спровоцировавших ложное срабатывание, под воздействием электрического импульса с заданными параметрами.

В основе «прожига» стружки лежит явление родственное электрическому взрыву, т.е. разрушения проводника под воздействием импульсного электрического тока высокой плотности в течение короткого промежутка времени. Учитывая то, что стружка, приводящая к ложному

срабатыванию, представляют собой сформированную под воздействием магнитного поля дорожку из разнородных частиц с размерами от 10^{-3} до 10^{-1} мм, то плотность тока, проходящего через каждую частицу дорожки, будет находиться в интервале от 10^5 до 10^6 А/мм². Прохождение тока такой плотности приводит к быстрому скачкообразному нагреву частицы и ее расширению с возрастающей скоростью, после чего перегретая частица взрывообразно разрушается на более мелкие частицы. В результате прожига металлических частиц, задержанных сигнализатором стружки, происходит как разрушение металлических частиц, так и «сбрасывание» более мелких частиц с магнита сигнализатора под воздействием разрушения соседних, более крупных, частиц.

В виду высокого среднего напряжения импульса, «прожиг» сопровождается следующими явлениями: момент разрушения стружки сопровождается вспышкой и хлопком, признаками газообразования (с запахом, напоминающим селитру), и появлением в масле черного осадка, похожего на гарь. Интенсивность явлений зависит от успешности прожига: явления более интенсивны при успешном прожиге, менее – при не успешном.

При разрушении металлических частиц, характеризующихся как спровоцировавшие ложное срабатывание, фиксируется увеличение содержания продуктов «прожига» в масле. Количество и состав продуктов «прожига» увеличивается и становится более разнообразным с увеличением количества успешных разрушений металлических частиц. С учетом того, что объем масла в редукторах вертолета достаточно велик относительно количества продуктов прожига, то даже несколько последовательных успешных прожигов не приводит к снижению класса чистоты масла, и эксплуатация редуктора может быть продолжена без замены масла.

Нагрев металлических частиц, а также количество выделяющейся при нагреве и разрушении энергии недостаточны для воспламенения масла в объеме от 0,065 до 0,65 л., а также при больших объемах.

Для исследования и оценки применимости «прожига» стружки в качестве средства исключения ложного срабатывания на АО «Редуктор-ПМ» были проведены инициативные работы по оснащению одного из стендов устройством «прожига» стружки (УПС), а также инициативная научно-исследовательская работа (далее – НИР).

УПС предназначена для исключения остановки механически-замкнутого стенда в результате ложного срабатывания, зафиксированного СС во время работы стенда, и накоплению статистических сведений об эксплуатации в условиях реальной эксплуатации высоконагруженных редукторов для осуществления последующих работ по тематике.

УПС выполняет следующие функции:

- подача короткого электрического импульса высокого напряжения, способного разрушить металлические частицы (продукты приработки, металлическая пыль, отдельные случайные металлические частицы), возникшие при приработке редукторов и осевшие на СС;
- индикация срабатывания системы «прожига» стружки;
- фиксация времени срабатывания СС и его хранение в памяти блока контроля и «прожига» (не менее шести фактов срабатывания);

Стружка	Название датчика	Прожиг 1	Прожиг 2	Прожиг 3	Прожиг 4	Прожиг 5	Прожиг 6	
●	Стружка 1							Сброс
●	Стружка 2							Сброс
●	Стружка 3							Сброс
●	Стружка 4							Сброс
●	Стружка 5							Сброс
●	Стружка 6	14:30 21-11-2018	14:30 21-11-2018	18:57 30-11-2018				Сброс
●	Стружка 7	14:36 21-11-2018	10:48 30-11-2018	17:34 24-1-2019				Сброс
●	Стружка 8	10:0 18-6-2019	10:1 18-6-2019	10:47 30-11-2018	19:8 3-4-2019	9:58 18-6-2019	9:59 18-6-2019	Сброс
●	Стружка 9	10:46 30-11-2018						Сброс
●	Стружка 10	18:20 19-11-2018	14:5 21-11-2018	14:22 21-11-2018	14:22 21-11-2018	14:27 21-11-2018	10:45 30-11-2018	Сброс
●	Стружка 11	11:43 24-10-2017	17:36 25-2-2019					Сброс
●	Стружка 12	10:39 30-11-2018	18:58 3-4-2019	18:59 3-4-2019	19:10 3-4-2019			Сброс
●	Стружка 13							Сброс
●	Стружка 14	11:2 30-11-2018						Сброс
●	Стружка 15							Сброс
●	Стружка 16							Сброс

15:54:13 ОФУ ИСС 29 июля 2019г.

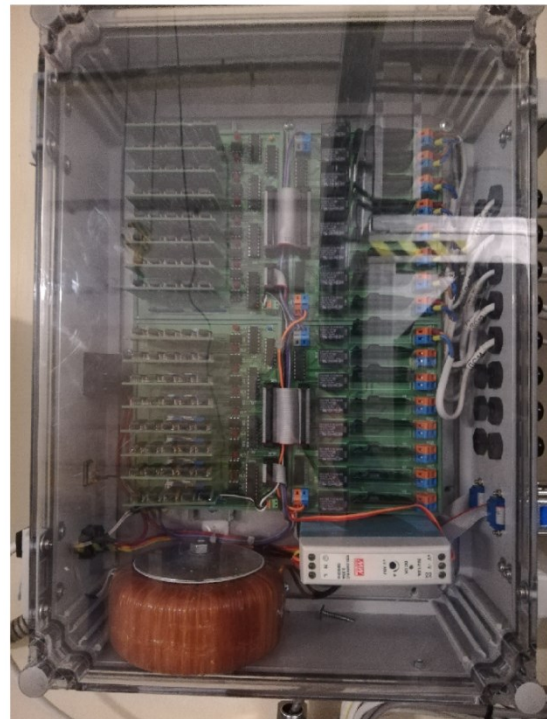


Рисунок 1 – Общий вид консоли управления и блока «прожига» УПС
 Слева – консоль управления (установлена на рабочем месте оператора);
 справа – блок «прожига» (установлен в боксе со стендом).

- подача сигнала о наличии неразрушенных металлических частиц на СС на консоль оператора стенда.

В результате работ по приемке и эксплуатации УПС:

- установлена принципиальная возможность разрушать металлическую пыль, одиночные волосины, чешуйки и смеси из разнотипных частиц небольшого количества посредством электрического импульса;

- проведено наблюдение за процессом «прожига», зафиксированы сопровождающие его явления. Установлена взаимосвязь между интенсивностью явлений, сопровождающих процесс «прожига», и успешностью «прожига»;

- установлено, что процесс «прожига» представляет собой процесс родственному явлению электрического взрыва. Металлические частицы,

задержанные СС, разрушаются на более мелкие частицы, под воздействием кратковременного электрического импульса с высокой плотностью тока;

- установлена взаимосвязь между «прожигом» металлических частиц и наличием загрязняющих частиц в масле. При успешном «прожиге» металлических частиц количество и состав загрязняющих частиц в масле увеличивается, при этом значительное снижение класса чистоты масла (требующее его замены) не зафиксировано;

- установлено, что физико-химические показатели масла после проведения исследования соответствуют параметрам, заявленным производителем.

В рамках проведения НИР по теме были разработаны и изготовлены автономный экспериментальный образец системы индикации и разрушения стружки (ЭСИРС) и партия экспериментальных СС, предназначенные для осуществления совместной работы по проведению исследования «прожига» в открытой емкости и в составе экспериментального редуктора. Функционал ЭСИРС был дополнен (по сравнению с УПС) возможностью измерения электрического сопротивления стружки и силы тока электрического импульса.



Рисунок 1 – Общий вид ЭСИРС

Для проведения исследования была заранее подготовлена и отсортирована по контейнерам стружка различных типов. Имитация

замыкания стружки производилась путем нанесения ее на сигнализатор при помощи кисти (для малого количества пыли, имитирующего ложное срабатывание) или притягиванием магнитным полем сигнализатора из емкости с маслом и стружкой (для большого количества пыли, имитирующего истинное срабатывание). Исследования «прожига» проводились в открытой прозрачной пластмассовой емкости 100 мл, заполненной маслом Б-3В на 65 мл.

Исследование производилось в несколько этапов. Цели исследования: определение электрического сопротивления различных типов стружки, определение пиковой силы тока «прожига», определение отличительных признаков различных типов стружки, наблюдение явлений, сопровождающих процесс «прожига». На первых четырех этапах исследования осуществлялось шесть «прожигов» стружки, при этом каждый последующий «прожиг» осуществлялся при возрастающей силе тока импульса. При измерении сопротивления стружки применялся измерительный ток 100 мА.

В результате экспериментальных работ в открытой емкости:

- определен диапазон силы тока импульса, при котором происходит «прожиг» стружки, имитирующей ложное срабатывание сигнализатора;
- определен диапазон силы тока импульса, при котором происходит попытка «прожига» стружки, имитирующей истинное срабатывание сигнализатора;
- определена оптимальная (т.е. гарантировано обеспечивающая разрушение стружки, имитирующей ложное срабатывание) пиковая величина силы тока импульса.

Исследовательские испытания проводились с применением экспериментального редуктора (ЭР), установленном на испытательном стенде.

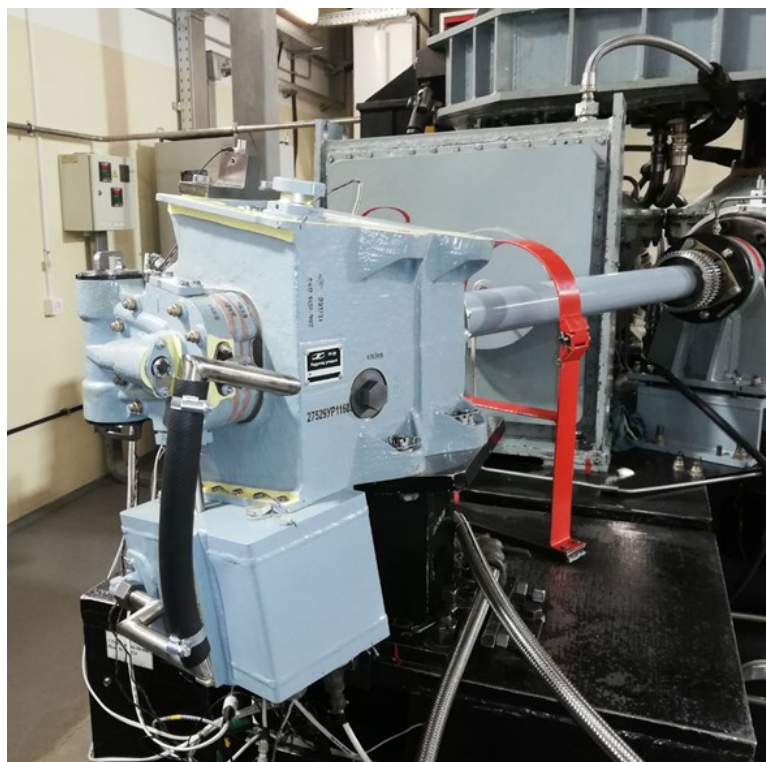


Рисунок 3 – Общий вид ЭР на испытательном стенде

Эксперимент в составе редуктора осуществлялся в следующей последовательности. Перед началом работ масло в редукторе прогрели до максимально допустимой эксплуатационной температуры. Для помещения стружки во внутреннюю полость ЭР выполнялось отворачивание заглушки и размещение стружки в непосредственной близости от сливного отверстия в поддон, затем заглушка вворачивалась на место до упора. После помещения стружки во внутреннюю полость редуктора выполнялась прокрутка редуктора без нагрузки до достижения максимально допустимой температуры масла, а после срабатывания СС осуществлялся «прожиг». Далее СС демонтировался, проводился его внешний осмотр, очистка и установка обратно в ЭР для проведения следующего этапа исследования.

В результате экспериментальных работ в составе ЭР подтверждено определенное ранее значение силы тока импульса, оптимальное и достаточное

для гарантированного разрушения незначительного и малого количества стружки типов «блестки», «мелкая пыль» и одиночные «волосовины».

В результате проведенных работ разработаны основные требования к СС и системе индикации и разрушения стружки, пригодной для контроля за наличием стружки в маслосистеме вертолетных редукторов, а также алгоритм ее автоматической работы, учитывающий особенности работы и эксплуатации вертолетных редукторов.