

Результаты исследования электромеханизма ЭПВ-150МТ сер. 2 № 009322999А с левого двигателя вертолета Ми-8Т RA-24722

Член Совета ОРАП А.Л. Тушенцов
Начальник отдела металлофизических исследований авиационных материалов
Авиарегистр России, д.т.н. А.А. Шанявский
Начальник отделения А.П. Солдатенков
Заведующий лабораторией
А.В. Сидюхин
Ведущий инженер Ж.И. Калинина
Ведущий инженер И.Б. Кузьмин

09.04.2024 на вертолете Ми-8Т RA-24722 при выполнении рейса по маршруту п.п. Охотск-2 – п.п. Светлое – п.п. Охотск-2 в горизонтальном полете на высоте 1100 метров на удалении 145 км от п.п. Охотск-2 произошло падение оборотов левого двигателя до 80 %. Через 2 секунды обороты снизились до малого газа и практически сразу при оборотах менее 20 % произошло самовыключение левого двигателя. При этом красное табло «Пожарный кран закрыт» не светилось. Бортмеханик продублировал выключение двигателя стоп-краном. КВС перевел вертолет на снижение с одновременным подбором посадочной площадки.

Учитывая, что ранее все параметры левого двигателя были в норме, экипаж принял решение о запуске левого двигателя в полете. Двигатель запустился штатно, но его работа была неустойчивой. В оборотах левого и правого двигателей периодически появлялась «вилка» (разница между оборотами) в 10-15 %.

Посадка на площадку, подобранную с воздуха, была выполнена благополучно. Экипаж и пассажиры не пострадали. Воздушное судно повреждений не получило.

В Авиарегистр России на исследование поступил электромеханизм ЭПВ-150МТ сер. 2 № 009322999А. Электромеханизм выпуска 22.10.1982 наработал с начала эксплуатации 20035 часов, в том числе 3613 часов после последнего (восьмого) ремонта, выполненного Омским заводом ГА (АО «ОЗГА») 09.08.2018.

Вертолет Ми-8Т RA-24722 (заводской № 98417398) выпуска Улан-Удэнским авиационным заводом 08.10.1984 наработал с начала эксплуатации 17849 часов,

совершил 23822 посадки, в том числе 3613 часов после последнего (восьмого) ремонта, выполненного 08.11.2018 АО «ОЗГА».

Исследование проводилось с целью установления причины отказа электромеханизма ЭПВ-150МТ сер. 2 № 009322999А по методике, предусматривающей выполнение следующих работ:

- оценка технического состояния агрегата при поступлении на исследование;
- стендовые испытания электромеханизма;
- разборка и оценка технического состояния деталей электромеханизма;
- анализ результатов и формирование заключения.

Оценка технического состояния электромеханизма показала, что на корпусе имеются незначительные потертости и царапины, не влияющие на его работоспособность, контровки не нарушены. Разъем электросоединителя находится в неудовлетворительном техническом состоянии. Из 5 выводов один разрушен и отсутствует, на поверхности внутреннего изолятора имеется коррозия (рис. 1).

Стендовые испытания электромеханизма провести не представляется возможным из-за разрушения вывода в штепсельном разъеме. Для испытания электромеханизма штепсельный разъем был демонтирован. При подаче на обмотки двигателя питания 27В электромеханизм срабатывал в обоих направлениях. Ротор двигателя и редуктор вращались без заеданий и посторонних звуков. Искрение на коллекторе отсутствовало. При срабатывании концевых выключателей В1 и В2 были слышны характерные щелчки. Потребляемый ток электромеханизма составил 1,6 А (по ТУ не более 3А).

Разборка и оценка технического состояния деталей электромеханизма показали, что во внутренних полостях агрегата посторонних предметов, следов влаги и продуктов коррозии нет. Смазка электромеханизма потеряла пластичность. Изоляция проводов не нарушена, контактные штыри штепсельного разъема с внутренней стороны припаяны качественно (рис. 2). С внешней стороны контактный вывод № 5 разрушен у основания от электроэрозионного поражения, на поверхности изолятора интенсивный налет окисленного постороннего вещества (рис. 3).



а



б



в

Рис. 1. Виды электромеханизма ЭПВ-150МТ сер. 2 № 009322999А (а), штексельного разъема (б) и шильдика (в) при поступлении на исследование. Стрелкой показан разрушенный вывод.



Рис. 2. Вид деталей электромеханизма ЭПВ-150МТ сер. 2 № 009322999А после разборки.



Рис. 3. Вид изолятора штепсельного разъема электромеханизма ЭПВ-150МТ 2 сер. № 009322999А. Место разрушения контактного вывода № 5 указано стрелкой.

Микропереключатели В1 и В2 типа В622АГ повреждений не имеют. При нажатии на шток каждого микропереключателя слышны характерные щелчки. Сопротивление изоляции более 1000 МОм (по ТУ не менее 1000 МОм).

«Прозвонка» электрических цепей микропереключателей показала, что их коммутация происходит нормально. Результаты стендовых испытаний микропереключателей В1 и В2 представлены в таблицах 1 - 3. Основные параметры не соответствуют ТУ. Переходное сопротивление контактов выше нормы.

Разборка микропереключателей В1, В2 и оценка технического состояния их деталей показала, что внутренние полости агрегатов сухие, чистые, без посторонних предметов, кинематика функционирует нормально. Следы попадания влаги или продукты коррозии отсутствуют. Контакты микропереключателей В1 и В2 имеют значительный подгар и копоть (рис. 4, 5.)

Штепсельный разъем электромеханизма был препарирован с целью извлечения контактного вывода № 5 для оценки характера его разрушения, а также очистки и оценки технического состояния изолятора (рис. 6). На поверхности изолятора выявлены следы пробоя электрического разряда между выводами. Выводы № 2 и № 1 повреждены электроэрозией (рис. 7). У вывода № 2 утрачена примерно половина цилиндрического сечения.

Исследование поверхностей разрушения вывода № 5 и повреждения вывода № 2 с применением растрового электронного микроскопа EVO 40 немецкой фирмы Карл Цейс показало, что в зоне разрушения вывода № 5 сформированы два участка поверхности. Участок «1» представляет каскад пор и фрагментов частично оплавленной поверхности (рис. 8). На другом участке излома вывода № 5 выявлены ямки различной формы (рис. 9). Проведен сравнительный анализ рельефа излома повреждённого в эксплуатации вывода № 2 с рельефом излома вывода № 5 на первом участке. Зона повреждения вывода № 2 в результате электроэрозии представлена на рис. 10. Эти участки аналогичны тем, что были выявлены на выводе № 5 на участке «1». Анализ рельефа образованной поверхности в выводе № 2 показал, что она образована многочисленными фрагментами оплавления поверхности (рис. 11).

Таблица 1

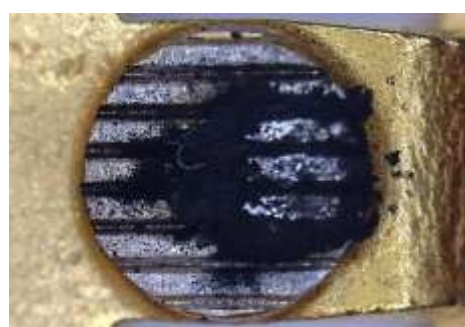
Ходы приводного элемента L, мм								
До переключения			После переключения			Дифференциальный		
Факт		норма	факт		норма	факт		норма
B1	B2		B1	B2		B1	B2	
0,95	0,70	Не менее 0,6	1,25	1,48	Не менее 0,8	0,25	0,32	Не более 0,4

Таблица 2

Усилия на приводном элементе F, г					
При прямом срабатывании			При обратном срабатывании		
Факт		норма	факт		норма
B1	B2		B1	B2	
400	220	Не более 600	350	210	Не менее 200

Таблица 3

Переходное сопротивление контактов, Ом	Результаты измерений				Норма по ТУ Ом
	Контакты 0-НО		Контакты 0-НЗ		
	В1	В2	В1	В2	
	0,12	0,06	0,12	0,37	Не более 0,05 Ом

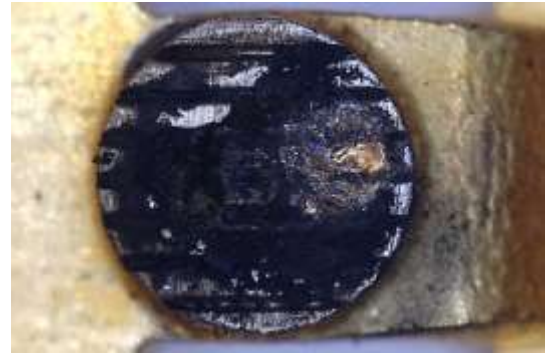


а

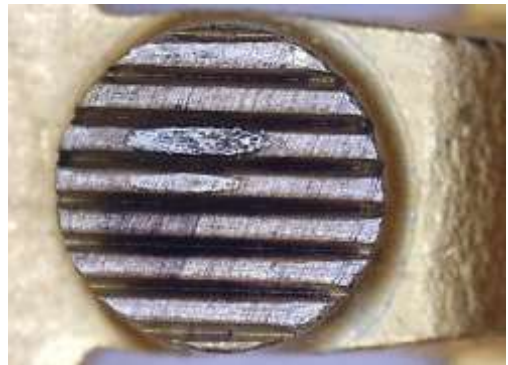


б

Рис. 4. Виды контактов микропереключателя В1. НЗ пара (а), НО пара (б).



а



б

Рис. 5. Виды контактов микропереключателя В2. НЗ пара (а), НО пара (б).

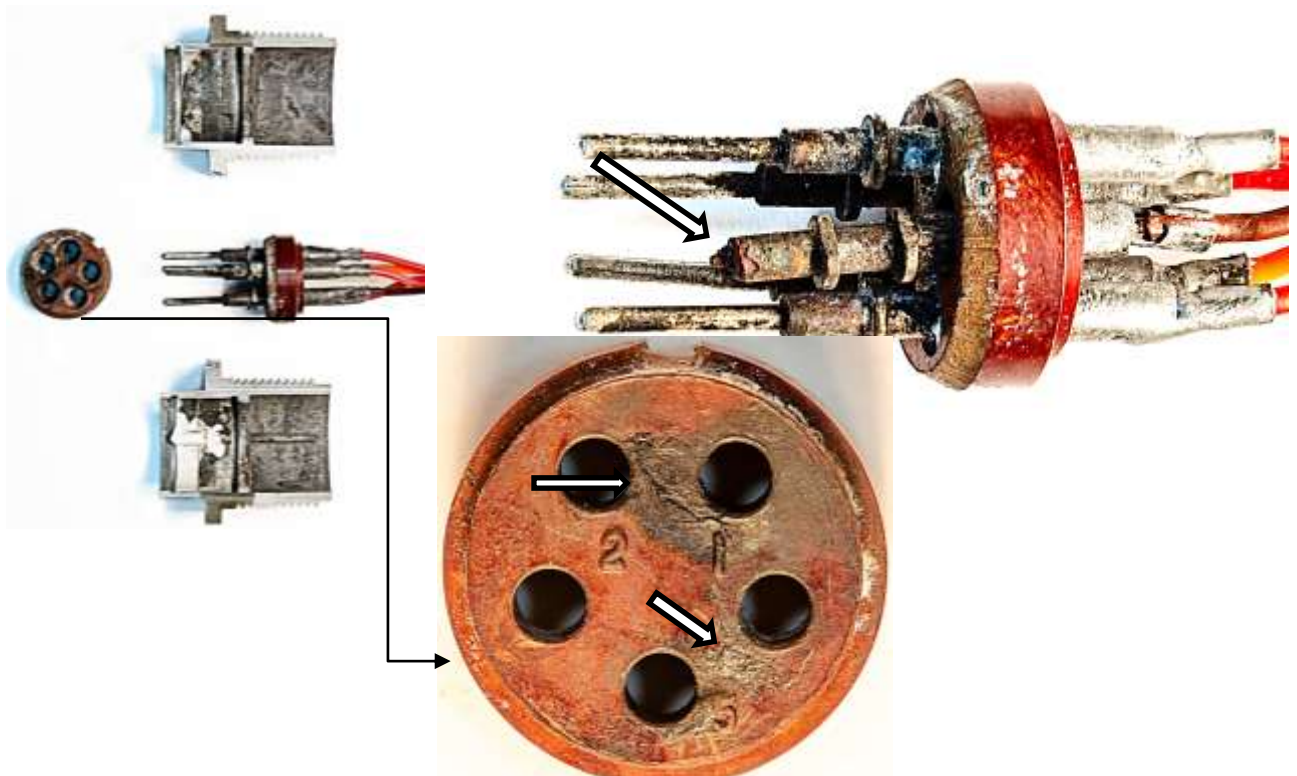


Рис. 6. Виды деталей штепсельного разъема электромеханизма ЭПВ-150МТ сер. 2 № 009322999А после препарирования. Стрелками показаны: разрушенный вывод № 5 и следы пробоя электричества на изоляторе.

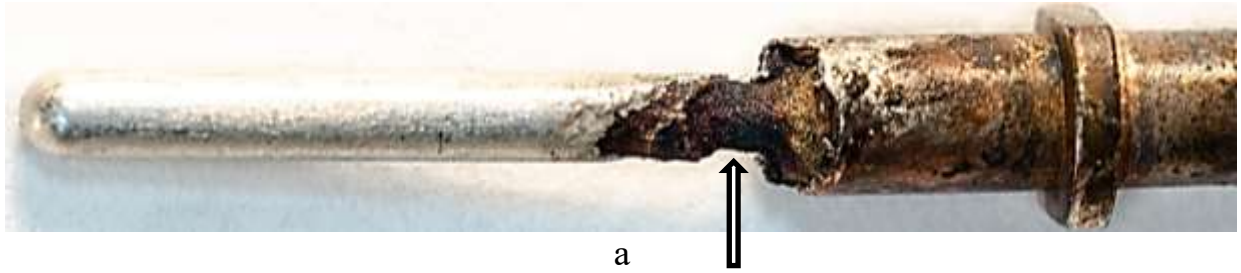
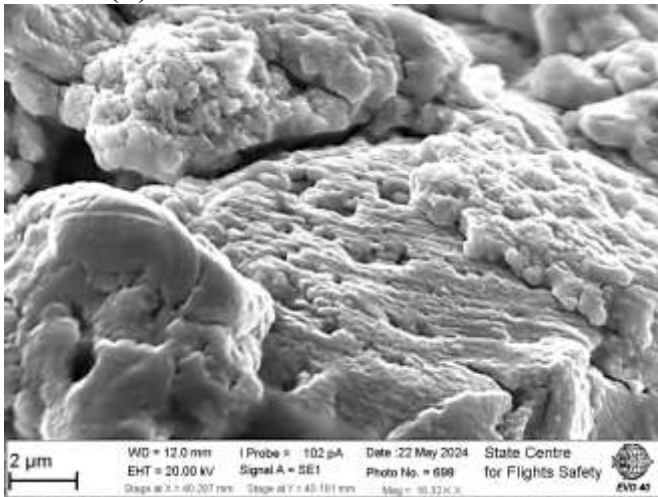
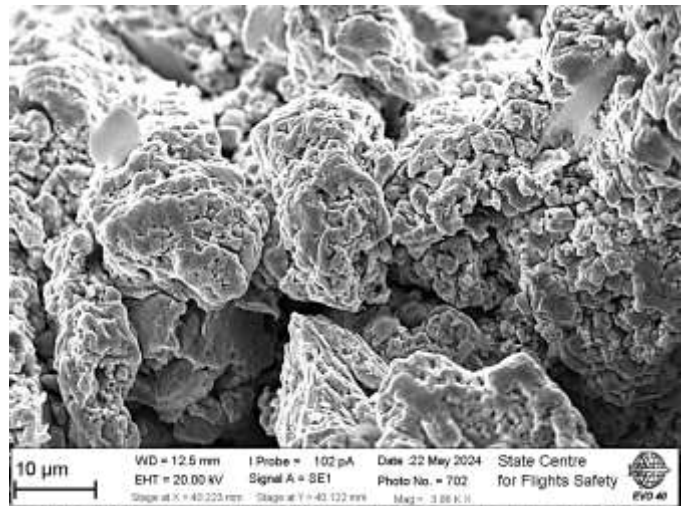


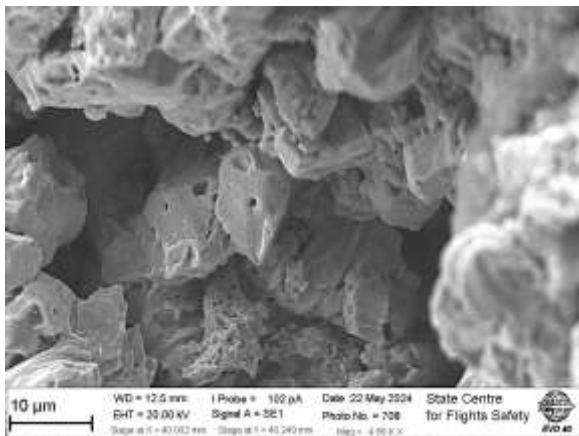
Рис. 7. Вид повреждений (показаны стрелками) электроэрозией выводов № 2 (а) и № 1 (б).



а



б



в

Рис. 8. Виды фрагментов поверхности разрушенного вывода № 5 на участке «1» с каскадом частично оплавленных фрагментов поверхности и пор (а – в).

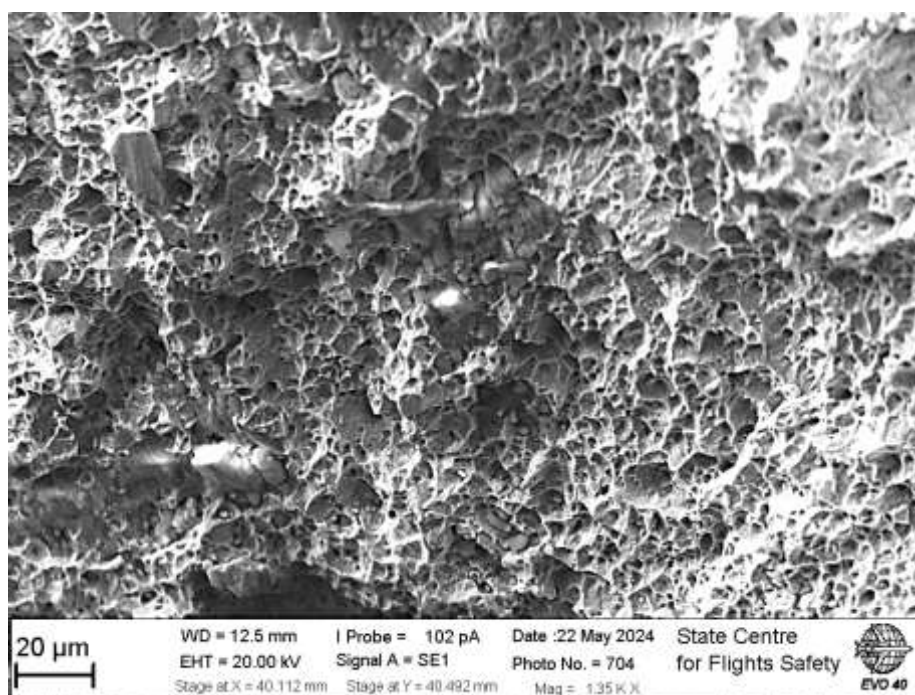


Рис. 9. Ямочный рельеф излома вывода № 5, сформированный на втором участке.

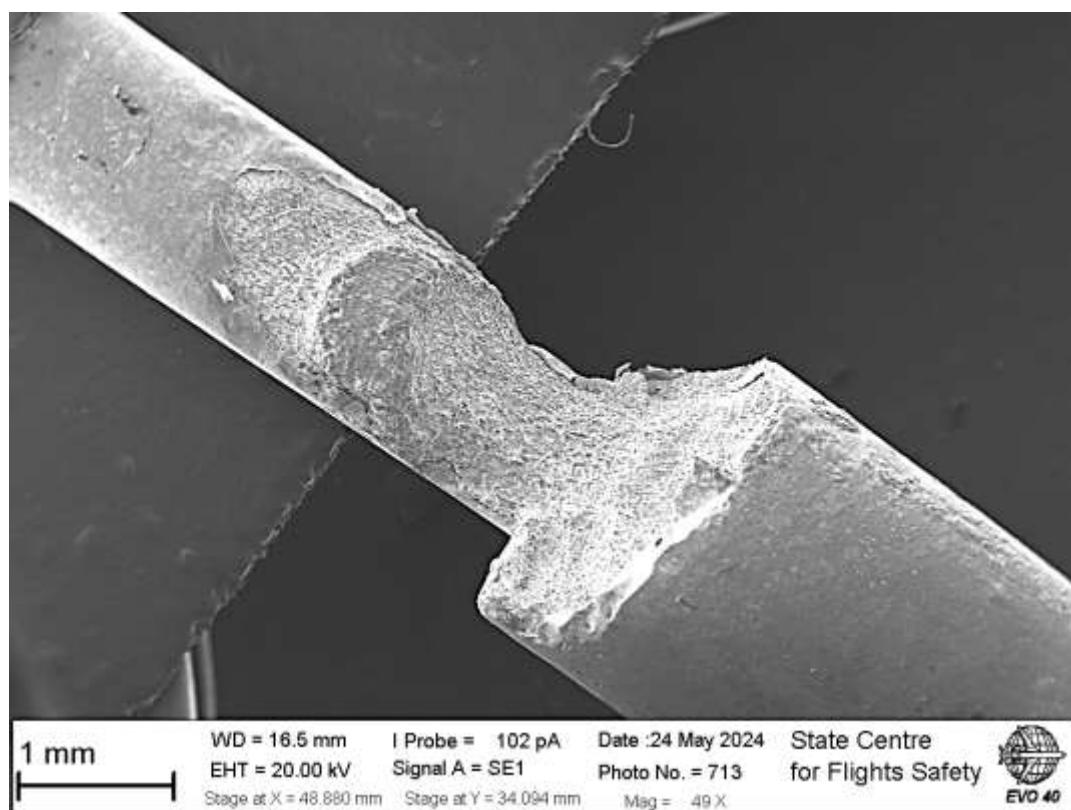
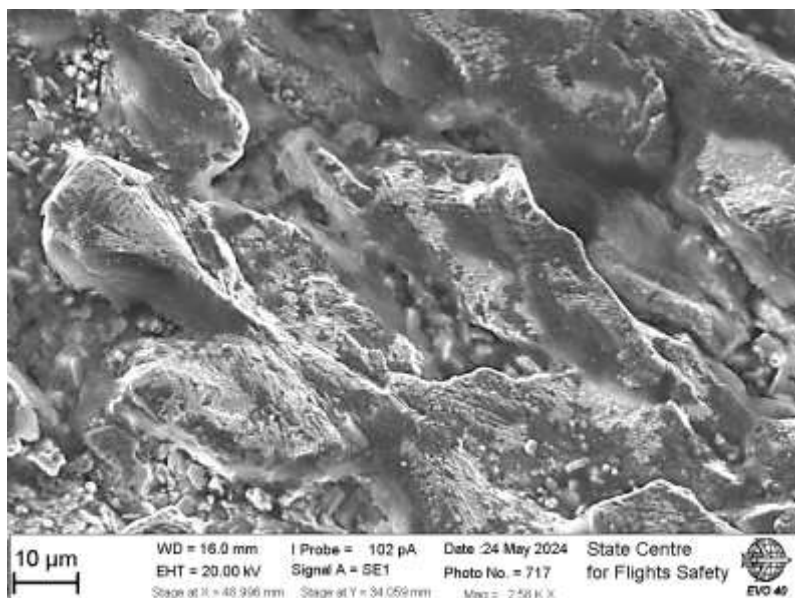
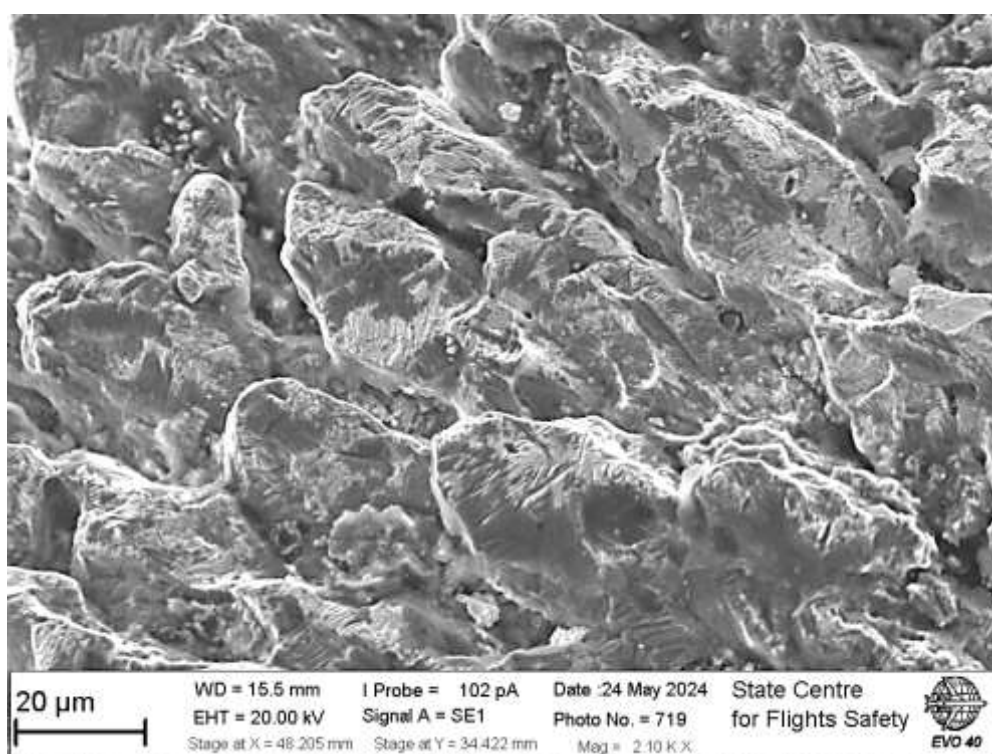


Рис. 10. Вид зоны повреждения вывода № 2 в результате процесса электроэрозии.



а



б

Рис. 11. Виды фрагментов (а, б) рельефа излома у вывода № 2 в зоне электроэрозионного повреждения.

Результаты микроанализа поверхностей выводов № 5 и № 2 показывают, что разрушение вывода № 5 в эксплуатации произошло в два этапа. Первоначально произошло электроэрозионное утонение штыря, а затем его лом при однократном приложении нагрузки.

Анализ результатов исследования показывает неисправность электромеханизма ЭПВ-150МТ сер. 2 № 009322999А. Техническое состояние штепсельного разъема указывает на попадание внутрь на изолятор в процессе эксплуатации посторонних веществ, вызвавших интенсивную электроэрозию выводов № 5, № 1 и № 2. Окончательное разрушение (долом) контактного вывода № 5 произошло во время рассоединения штепсельного разъема при демонтаже электромеханизма. На поверхности изолятора имеются следы пробоя электрического разряда между разъемами. При пробое электрического разряда между выводами может произойти несанкционированное закрытие заслонки электромеханизма.

Техническое состояние микропереключателей В1 и В2 неудовлетворительное.

В результате замыкания и размыкания контактов в процессе эксплуатации образуется искра (электрическая дуга), которая увеличивает неровности контактных поверхностей. Из-за постоянного искрения образуется подгар, копоть и окисная токонепроводящая пленка. Последняя может приводить к значительному увеличению переходного сопротивления на контактах, вплоть до полного разрыва цепи.

Блок микровыключателей в электромеханизме обеспечивает автоматическое обесточивание электродвигателя при крайних положениях заслонки. При непропуске тока через соответствующие контакты микропереключателей, в частности, после открытия заслонки, электродвигатель может быть не обесточен. Данное развитие отказа не вписывается в обстоятельства полета.

Электромеханизм был изготовлен 22.10.1982 года, имел 8 ремонтов. Микропереключатели изготовлены в 3 квартале 1982 года. Из этого следует, что на момент инцидента календарный срок эксплуатации агрегата с микропереключателями составил 42 года. На момент проведения последнего ремонта 08.11.2018 в АО «ОЗГА» календарный срок эксплуатации составлял 36 лет. Согласно бюллетеню от 25.10.2017 № М3613-БД-Г назначенный срок службы вертолетам типа Ми-8 был установлен 37 лет. При выходе агрегата из ремонта ему был установлен гарантийный срок 1 год в пределах назначенного. Согласно изменению № 1 от 14.11.2019 к бюллетеню № М3613-БД-Г вертолетам типа Ми-8 срок службы увеличен до 40 лет. При этом указано, что при увеличении сроков службы вертолета ресурс агрегата считать по вертолету.

Результаты проведенного исследования указывают на то, что при эксплуатации вертолетов в условиях морского климата критическое электроэрозионное повреждение элементов конструкции электромеханизма ЭПВ-150МТ сер. 2 может произойти в пределах установленных сроков службы вертолетам типа Ми-8.

На основании выполненных работ было оформлено заключение (заключение от 31.05.2024 № 10375-И/103) о том, что причиной отказа электромеханизма ЭПВ-150МТ сер. 2 № 009322999А с левого двигателя вертолета Ми-8Т RA-24722 является электроэрозионное поражение выводов штепсельного разъема. На поверхности изолятора имеются следы пробоя электрического разряда между контактными выводами из-за попадания внутрь на изолятор в процессе эксплуатации посторонних веществ (влаги). При пробое электрического разряда между выводами может произойти несанкционированное закрытие заслонки электромеханизма.

Микропереключатели В1 и В2 находятся в неисправном состоянии. Переходное сопротивление на контактах превышает норму в несколько раз из-за значительного подгара и копоти.

Результаты настоящего исследования было рекомендовано довести до сведения инженерно-технического персонала авиационных предприятий, эксплуатирующих вертолеты типа Ми-8 в условиях морского климата.