

РЕЗУЛЬТАТЫ АНАЛИЗА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ САМОЛЁТОВ 4-ГО ПОКОЛЕНИЯ ЗА 20-ТИ ЛЕТНИЙ ПЕРИОД ЭКСПЛУАТАЦИИ В ТРОПИКАХ ВЬЕТНАМА

КАРПОВ В.А. ⁽¹⁾, СВИТИЧ А.А. ⁽²⁾, СЕРЕДА В.Н. ⁽²⁾, ФАМ ЗУИ НАМ ⁽²⁾

Вопросы исследования климатической стойкости (тропикостойкости) вооружения и военной техники (ВВТ) российского производства неизменно остаются в центре внимания руководства Тропического центра. Под тропикостойкостью ВВТ в работе понимается его способность выполнять свои функции, сохранять заданные параметры (работоспособное состояние) и (или) внешний вид в течение заданного времени во время и после воздействия на него внешних факторов тропического климата.

Опыт исследования технического состояния изделий авиационной техники (АТ) российского производства показал эффективность использования для оценки их тропикостойкости системного подхода, схема которого приведена на схеме 1.

Рассматривается группа (группы) объектов тропикостойкости (ОТ) со всеми их техническими характеристиками (диапазонами характеристик) как один обобщенный ОТ (ООТ), обладающий всеми характеристиками этой группы (групп). В ООТ могут быть сведены ОТ, входящие только в группы металлических материалов или только в группу неметаллических материалов, или совместно в группы металлических и неметаллических материалов, а также любые другие группы, позволяющие оценивать степень тропикостойкости летательных аппаратов (ЛА). Приведем алгоритм формирования характеристик ООТ.

Технические характеристики выбранной группы ОТ распределим по множествам, каждое из которых будет включать в себя только однотипные диапазоны характеристик ОТ, например, только диапазоны коррозионного состояния в баллах всех ОТ, только диапазоны стойкости к старению полимерных материалов в баллах всех ОТ и т.д. В каждом множестве выделим пары элементов, характеризующие наименьшее и наибольшее значения из всех однотипных диапазонов. Эти значения элементов рассмотрим как начала и концы проекций некоторого вектора $\tilde{S}$ обобщенных технических характеристик ООТ в i -мерном евклидовом пространстве R^i [1].

Например, для множества “коррозионного состояния” рассмотрим все элементы (точки) диапазона группы из J ОТ на оси одномерного евклидова пространства - оси коррозионного состояния F . Минимальная $F_{\min 1}$ и максимальная $F_{\max j}$ точки оси F ограничивают диапазон коррозионного состояния $(D_{f \min}, D_{f \max})$, являющегося проекцией $\tilde{S}_F$ вектора $\tilde{S}$ ООТ (рис. 1).

Для таких характеристик ОТ, как стойкость к старению полимерных материалов, рассматриваются не только значения в баллах деградации свойств полимерных материалов, но и биостойкость материалов. В этом случае рассматриваются две оси i -мерного евклидового пространства - ось деградации свойств материалов F и ось биостойкости P (рис. 2).

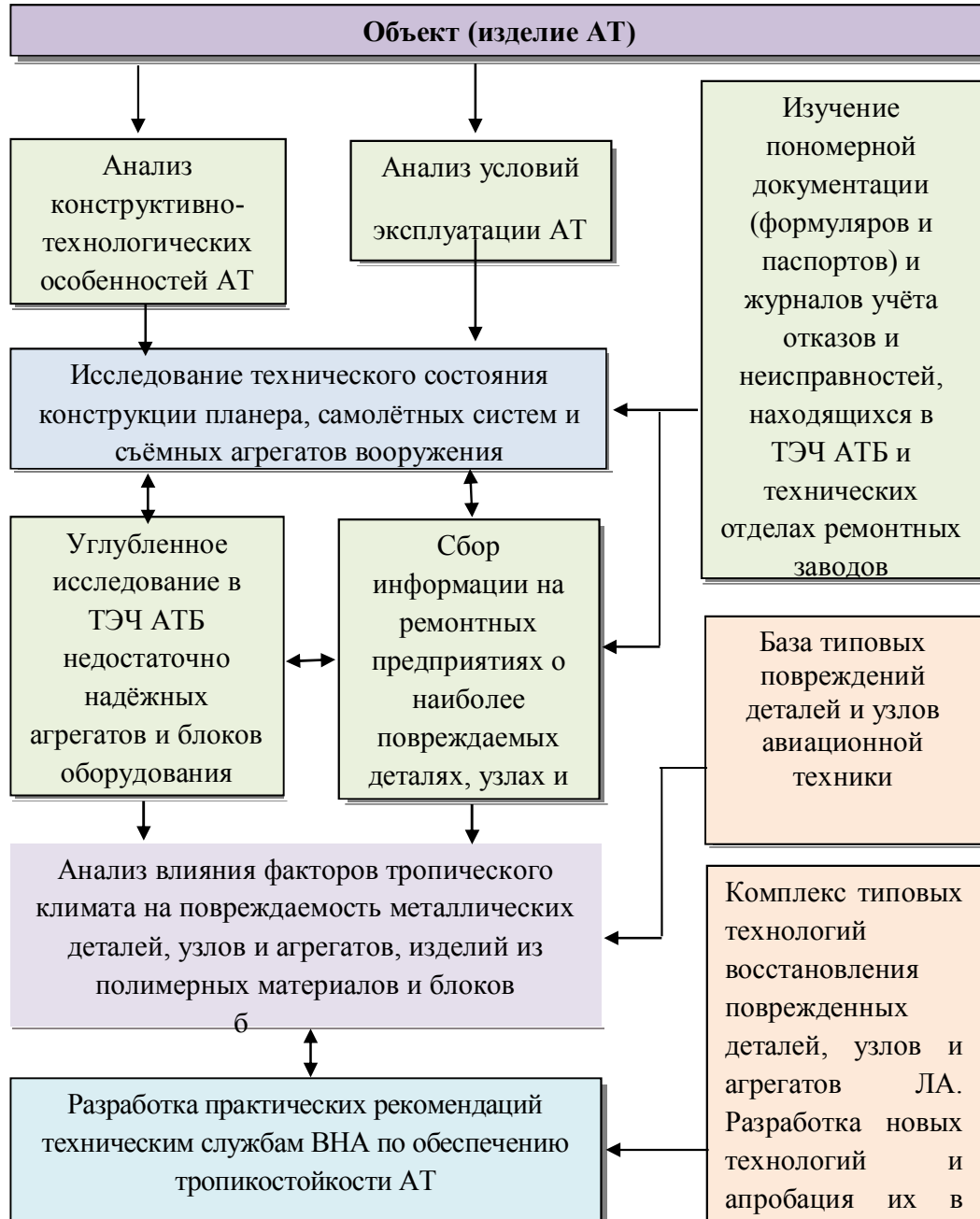


Схема 1. Системный подход к исследованию тропикостойкости АТ

Минимальная $F_{\min I}$ и максимальная $F_{\max J}$ точки оси F ограничивают диапазон деградации свойств материалов $(D_{f \min}, D_{f \max})$, а точки $P_{\min 2}$ и $P_{\max 1}$ ограничивают диапазон биоповреждений $(D_{p \min}, D_{p \max})$ на оси P. Эти диапазоны являются соответственно проекциями $\check{S}_F$ и $\check{S}_P$ вектора $\check{S}$ ООТ.

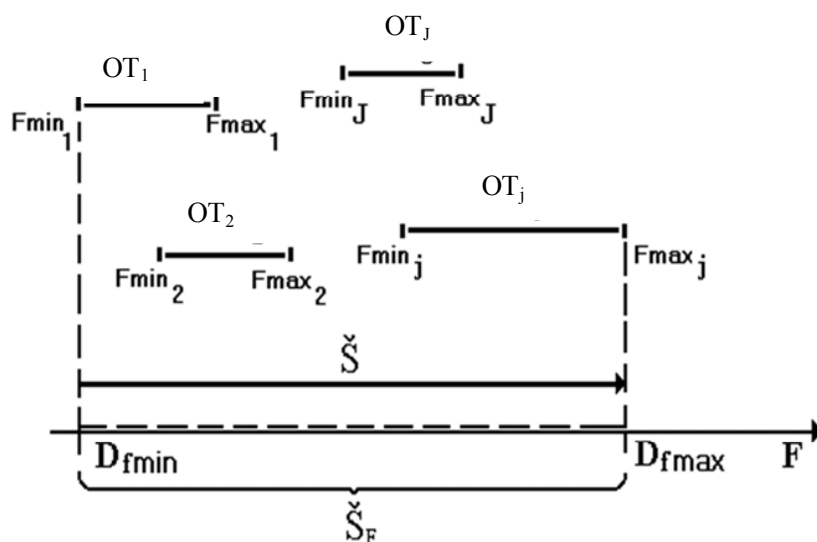


Рис 1. Формирование диапазона коррозионного состояния - проекции вектора $\vec{S}_{OOT}$

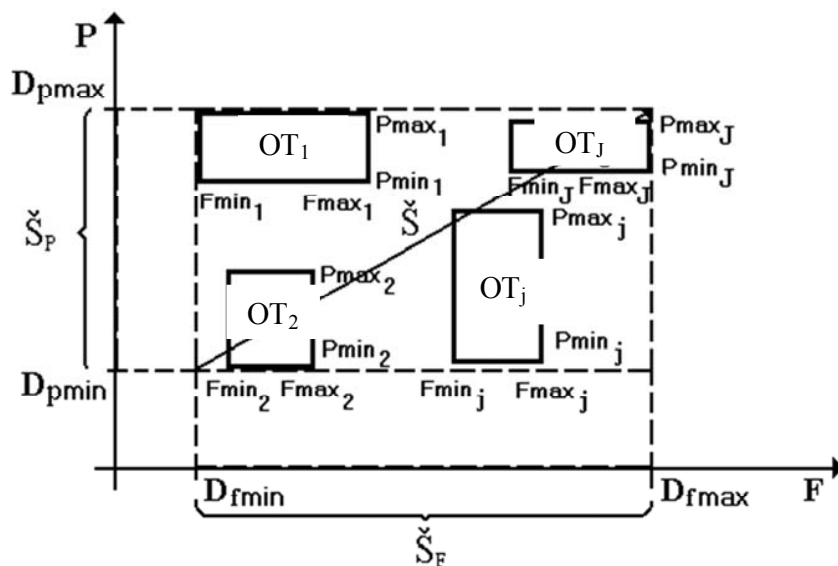


Рис 2. Формирование диапазонов стойкости к старению полимерных материалов и биостойкости - проекций вектора $\check{S}$ ООТ

Критериями при внешнем осмотре изделий АТ служили совокупности признаков, которые соответствуют материалам и покрытиям, применяемым в этих изделиях, то есть их внешние изменения, происходящие в изделиях при коррозионных процессах, старении и биоповреждениях материалов. Результаты внешних осмотров записывались в табличном виде и затем подвергались анализу, который заключался в фиксации дефектов и отказов и последующем сравнении значений измеряемых параметров с требованиями НТД на эти объекты [2, 3].

Информация о техническом состоянии АТ российского производства 4-го поколения анализировалась на основании данных, полученных сотрудниками Тропического центра при содействии представителей Технического управления ПВО-ВВС и личного состава подразделений, эксплуатирующих технику или специалистов ремонтных предприятий.

Опыт реализации системного подхода к исследованию тропикостойкости АТ показал, что специалисты Тропического центра, имеющие базовые знания в области коррозии, старения и биоповреждений металлических и неметаллических материалов и не являющиеся специалистами в области авиационной техники, достаточно быстро обучаются методам оценки ее технического состояния.

Для повышения качества проводимых исследований была разработана «Методика исследования тропикостойкости самолётов типа Су-27 с каталогом типовых повреждений АТ, связанных с влиянием тропического климата» [4]. Информационное наполнение каталога типовых повреждений АТ (материалы о более чем 1000 случаях выявленных повреждений материалов, деталей и узлов АТ), достаточно полно отражает специфику видов повреждений в тропиках и содержит сведения о поврежденном объекте (изделии, детали, агрегате, системе, материале), характере и последствиях повреждения (установленных и возможных).

До 2014 года в Тропическом центре система обработки и анализа статистической информации об отказах и неисправностях АТ, связанных с влиянием тропического климата, была ориентирована на перечни отказов и неисправностей, фиксируемых в специальных журналах в авиационно-техническая база (АТБ) полков.

По ряду объективных и субъективных причин объём этой информации не позволяет однозначно отнести отказ или неисправность к категории влияния тропического климата, что, в свою очередь, не позволяет исследовать динамику изменения технического состояния АТ в процессе эксплуатации.

Поэтому существующие методические подходы по систематизации статистической информации с целью выявления неисправностей (повреждений), связанных с влиянием на АТ внешних воздействующих факторов тропического климата, требуют доработки.

На первом этапе, в 2014 году была разработана структура базы данных по учёту замен блоков и агрегатов, которая включает наименование, обозначение блоков и агрегатов систем самолёта, сгруппированных по основным специальностям. В соответствующих полях с годами эксплуатации фиксировались произведённые замены блоков и агрегатов по каждому самолёту на основании статистических сведений из приложений к формуляру часть 1, раздел 4, «Комплектность», находящихся в АТБ.

При длительных перерывах между полетами самолетов, что характерно для Военно-воздушных сил Вьетнамской народной армии, природно-климатические факторы начинают в большей степени оказывать влияние на надежность систем (коррозия, конденсация влаги, старение резинотехнических изделий и др.). Анализ перечня замен агрегатов и блоков по разработанной базе, показал, что около 70% всех замен блоков и агрегатов приходится на жаркий влажный сезон с апреля по октябрь месяцы (северная часть страны, рис. 3), около 60% всех замен приходится на сезон дождей с апреля по октябрь (южная часть страны рис. 4) и около 40% всех замен на жаркий влажный сезон с сентября по декабрь в центральной части страны.



Рис. 3. Распределение количества замен блоков и агрегатов на самолётах, эксплуатирующихся на севере страны

После 15-16 лет эксплуатации, когда первоначально установленные показатели долговечности превышены практически в 2 раза, возрастает вероятность появления на отдельных самолетах повреждений, обусловленных воздействием природно-климатических факторов, недопустимых с точки зрения обеспечения безопасности полета.



Рис. 4. Распределение количества замен блоков и агрегатов на самолётах, эксплуатирующихся на юге страны

На втором этапе исследований специалистами Тропического центра были выделены наиболее характерные проблемы технического характера на авиационной технике 4-го поколения в тропиках:

- Недостаточная влагозащищенность отсеков бортового оборудования. Выход из строя бортового оборудования является следствием попадания влаги на токопроводящие узлы блоков и агрегатов, коррозией токопроводящих дорожек, окислением контактов штепсельных разъемов, реле, переключателей, потенциометров;
- Старение и износ различных резинотехнических изделий, в основном расположенных на внешнем контуре изделия: шланги герметизации фонаря, шланги и рукава специальных систем самолета, герметизирующие элементы крышек люков и агрегатов и т.п.;
- Недостаточная долговечность полимерных материалов: при сроке службы 7 лет начинает проявляться изменение свойств и постепенное разрушение пенополиуретановых (ППУ) топливных баков, обеспечивающих взрывозащиту топливной системы;
- Коррозия элементов систем планера: крепежные детали агрегатов, подвижные элементы кинематики сигнализации положения шасси;
- Эрозионный износ поверхности радиопрозрачных обтекателей антенн;
- Недостаточная долговечность лакокрасочного покрытия (ЛКП) поверхности планера, приводящая к частичному отслаиванию, мелению ЛКП и образованию коррозии головок винтов (болтов) крепления люков наружной поверхности планера самолетов.

- Биоповреждения чехлов трубопроводов системы кондиционирования воздуха самолёта в нишах шасси.

В целом анализ собранной статистики показал, что степень коррозионного поражения деталей, узлов и агрегатов планера самолётов и динамика развития коррозионных повреждений под действием более агрессивных климатических факторов тропиков существенно возрастает с каждым последующим годом эксплуатации, особенно после 10 лет эксплуатации (рис. 6), это характерно и для неметаллических материалов.

Например, в ходе оценки технического состояния стоек шасси зафиксированы следы коррозии в виде налёта отдельно разбросанных точек или сплошных участков цветом от оранжево-бурого цвета, темно-коричневого до черного цвета на зеркальных поверхностях штоков амортистоек.

Анализ собранной статистики для самолётов с различным сроком эксплуатации в тропиках (от 2 до 20 лет) показал, что на 85% из них выявлены следы коррозии как на кромке зеркальной поверхности, так и в рабочей зоне. В связи с этим, на третьем этапе проводимых исследований при планировании исследований по теме было принято решение о проведении дополнительных исследований указанных деталей шасси.

Детальное обследование с помощью микроскопа до и после смывки следов коррозии с зеркальных поверхностей стоек, позволило выявить нарушение хромированного покрытия штоков в виде впадин, в тех местах, где ранее были выявлены следы коррозии. В некоторых зонах нарушение хромового покрытия проявляется в виде отверстий продолговатой или округлой форм (рис. 5).

От коррозии могут образовываться впадины с концентрацией напряжений. Концентрации напряжений могут привести к инициации трещин усталости, стресс-коррозии, или водородному охрупчиванию основного металла.



Рис. 5. Осмотр с помощью микроскопа РСЕ-ММ пятен коррозии на штоке амортизатора (слева) и точечная коррозия штока крупным планом

Условные обозначения самолетов	T8	T6	T7	T12	T4	B12	B10	T3	T5	T7	T9	B8	B5	T2	T4	T10	T11	B6	B7	B9	B11	B3	B4	B5				
	2 года											3 года											4 года			10 лет		
Срок эксплуатации																												
Наименование деталей и узлов																												
Детали из алюминиевых сплавов																												
1											2											2		2	2			
кромки заклепочки и заклепочные соединения обшивки стабилизатора																												
датчик топливной системы, правая ниша ООШ								1						1	1							2		2	2			
Детали из титановых сплавов																												
2																												
проушины силовых узлов переходной балки																						2			2			
узлы подвески амортизационных стоек																						2			2			
рычаги замков ДЗ-УМ и ухваты балочных держателей																						2						
Детали из конструкционных сталей и стальные детали																												
3										1	1	2				1	1	1					2	2	1			
стальная полусось стабилизатора																												
передний узел навески подбачного кили																												
штоки амортизационных стоек шасси	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2			
флюгер датчиков ДАУ																												
3-х штыревая антенна изд. 6202 Р7				2													1		1						2			
корпуса агрегатов топливной системы и нише ООШ																						2			2			
корпуса электрогидравлических кранов на опорах шасси																												
кранов на опорах шасси																												

1 – начало коррозии, 2 – имеется замена из-за коррозии, 3 – требуется замена из-за коррозии

1 – начало коррозии, 2 – имеется коррозия, 3 – требуется замена из-за коррозии

Рис.6. Распределение коррозионных поражений на различных деталях и узлах самолётов Су-30МК2

На рис. 5 видно, что коррозионные повреждения зеркальных поверхностей штоков амортистоек шасси чаще встречаются на основных опорах шасси.

Результаты анализа характерных дефектов неметаллических материалов осмотренных самолётов позволили выделить перечень материалов, деталей и узлов, недостаточно защищённых от действия факторов тропического климата: шланги герметизации кабин самолётов; пенополиуретановые вкладыши топливных баков самолётов; радиопрозрачные ЛКП деталей радиотехнического назначения из стеклотекстолита, выходящие на наружный контур планера;



Рис. 7. Внешний вид точечной коррозии штока амортистойки самолетов Су-30МК2 на соответствующем году эксплуатации в тропиках

Защитные чехлы из капронового и термостойкого материалов трубопроводов системы кондиционирования воздуха, расположенные в нишах основных опор шасси, из-за наличия биоповреждений на их поверхности;

Шланги различных систем и защитных чехлов электрорадиожгутов на стойках шасси, РТИ (резиновые прокладки отбортовочных хомутов и резиновые пылезащитные манжеты), находящиеся вне фюзеляжей самолётов и напрямую подверженных светоозонному старению.

Наиболее слабым местом в остеклении фонаря является шланг герметизации, назначенный срок службы которого в тропиках составляет 2 года. Случаи повреждения и замены шлангов герметизации кабины самолётов наблюдались после года эксплуатации в условиях тропиков [5].

Случаи механического воздействия на шланг герметизации при посадке лётчика в кабину на самолётах типа Су-27 исключаются, так как он расположен на откидной части фонаря.

Ранее [6, 7] было высказано предположение, что размягчению и появлению липкости поверхностного защитного клеевого слоя (клей 23-СА) и последующему разрушению шлангов способствует высокая температура и действие микроорганизмов деструкторов.

Состояние шлангов герметизации фонаря на различных самолетах показано на рис. 8. Для уточнения механизма разрушения шлангов герметизации фонаря в тропиках были проведены дополнительные исследования в рамках утвержденной руководством Тропцентра темы.

Были проанализированы все места повреждений шлангов герметизации фонаря и выявлено, что существуют несколько повторяющихся зон на каркасе фонаря, соответствующих той поверхности шланга герметизации, где чаще всего и встречаются повреждения (рис. 9). Эти места соответствуют зонам, которых в процессе эксплуатации самолётов часто касаются руки инженерно-технического и лётного персоналов полков.

Сотрудниками лаборатории микроорганизмов отдела биотехнологий Тропцентра были взяты биопробы с поверхности шланга герметизации фонаря кабины и с металлической поверхности каркаса фонаря на трех аэродромах: Бьен Хоа, Тхань Хоа и Фукат. В результате углубленных исследований биопроб из них были выделены штаммы грибов, в том числе, вызывающие разрушение резиновой поверхности шланга герметизации [4].

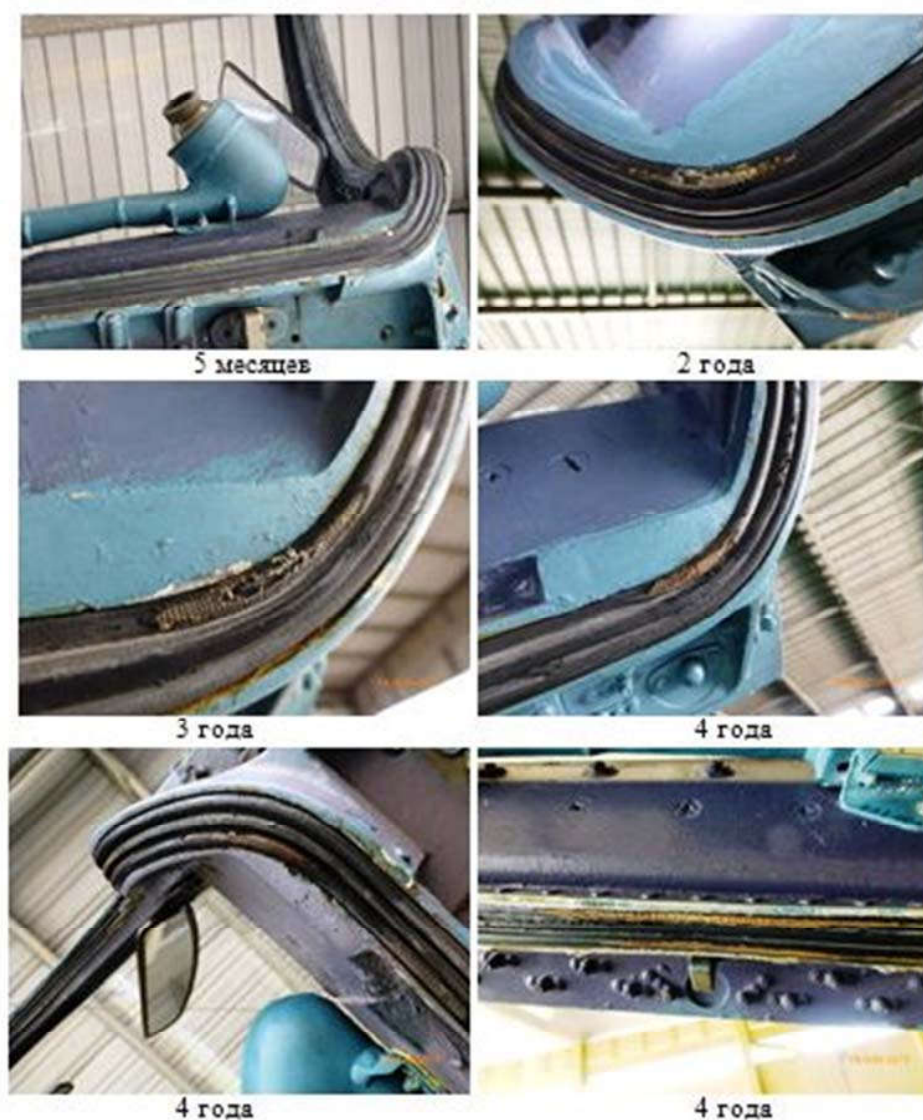


Рис. 8. Состояние шланга герметизации фонаря самолетов Су-30МК2



Рис. 9. Стрелками указаны зоны, где наиболее часто выявляются места разрушения шлангов герметизации

В целом, материалы анализа технического состояния самолётов 4-го поколения позволили сосредоточить исследования специалистов ТЦ в рамках утвержденной темы по наиболее проблемным вопросам, связанным с влиянием тропического климата на авиационную технику 4-го поколения, таким как:

Проблема предупреждения аккумуляции влаги в частично изолированных носовых отсеках фюзеляжа самолёта типа Су-27, которая является основной причиной отказов и сбоев в работе блоков электрорадиотехнического оборудования и существенного ускорения процессов коррозии, старения и биоповреждений деталей и узлов в процессе эксплуатации - были разработаны и апробированы на самолетах опытные комплекты технических средств автоматического осушения отсеков самолётов - ИТМ-ОУ2 [4];

Проблема ускоренной коррозии и биоповреждений имущества и ЗИП на складах в тропических условиях, которые в большой степени определяются повышенной влажностью внутри складского помещения - были разработаны и апробированы в типовом складском хранилище опытные комплекты технических средств динамического осушения воздуха для складов ИТМ-ОУ3 и ИТМ-ОУ4 [4];

Повреждения шлангов герметизации фонаря кабины - разработаны практические рекомендации персоналу АТБ по замедлению скорости разрушения материала шлангов герметизации из-за действия микроорганизмов деструкторов [3];

Разрушение пенополиуретановых вкладышей в топливных баках самолётов - развернуты дополнительные исследования механизма разрушения ППУ в лабораторных условиях [4];

Точечная коррозия на хромированной части штока амортизаторов стоек шасси и методы борьбы с ней в эксплуатации - проведены дополнительные исследования с целью уточнения механизма образования коррозионных поражений на стойках шасси [4];

Повреждения ЛКП фюзеляжа самолёта - проведены дополнительные исследования механизма разрушения ЛКП с помощью неразрушающих методов контроля [4].

Таким образом, использование системного подхода позволило за относительно короткое время (три года) оценить техническое состояние всего парка авиационной техники 4-го поколения с точки зрения коррозии металлических деталей планера, узлов и агрегатов, старения и биоповреждений изделий из полимерных материалов и скорректировать Программу исследований по теме «Влияние внешних воздействующих факторов тропического климата на техническое состояние авиационной и наземной техники ВВС-ПВО».

Это позволило, с одной стороны, перейти к разработке конкретных практических рекомендаций техническим службам ВНА по устранению повреждений конструкции самолетов и, с другой стороны, собрать и проанализировать дополнительный материал по влиянию тропического климата на их техническое состояние, что в дальнейшем может быть использовано конструкторскими организациями РФ для уточнения требований к тропикостойкости разрабатываемой авиационной техники.

ЛИТЕРАТУРА

1. Александров А.Д., Нецветаев Н.Ю., *Геометрия*, -М: Наука, 1990.
2. Су-30МК2, *Руководство по технической эксплуатации*.
3. Су-27СК, *Руководство по технической эксплуатации*.
4. Отчёт о НИР «Влияние тропического климата на техническое состояние авиационной и наземной техники ВВС-ПВО», Шифр "Эколан Т-2.1", Ханой, 2014.
5. Отчёт о НИР «Влияние тропического климата на техническое состояние авиационной и наземной техники ВВС-ПВО», Шифр "Эколан Т-2.1", Ханой, 2016.
6. Отчёт по НИР на тему: «Определение характеристик климатической стойкости авиационной техники «ОКБ Сухого», эксплуатирующейся в условиях влажного тропического климата Вьетнама», Ханой, 2008.
7. Материалы научно-практической конференции «Обеспечение эффективности и качества послепродажного обслуживания самолётов марки «Су» во Вьетнаме», Ханой, 2006.

TÓM TẮT

MỘT SỐ KẾT QUẢ PHÂN TÍCH TRẠNG THÁI KỸ THUẬT CỦA CÁC MÁY BAY THỂ HỆ THỨ 4 SAU 20 NĂM KHAI THÁC TRONG ĐIỀU KIỆN KHÍ HẬU NHIỆT ĐỚI VIỆT NAM

Bài báo này trình bày một số kết quả phân tích sự ảnh hưởng của khí hậu nhiệt đới Việt Nam đến các máy bay thể hệ thứ 4 do Liên bang Nga sản xuất. Bằng cách sử dụng phương pháp mang tính hệ thống trong việc nghiên cứu, đánh giá trạng thái kỹ thuật của các máy bay sau 20 năm khai thác trong điều kiện khí hậu nhiệt đới (gồm các máy bay có thời gian khai thác 2÷4, 10, 11, 12 và 14÷17 và 20 năm sử dụng), nhóm tác giả đã hệ thống hóa, phân nhóm các hỏng hóc theo dấu hiệu ăn mòn, lão hóa, phá hủy sinh học đối với các bộ phận làm từ vật liệu kim loại và hợp kim; cao su, polime; màng sơn, thiết bị điện tử. Kết quả phân tích cho thấy các hỏng hóc chủ đạo trên máy bay họ Su sau 20 năm khai thác ở điều kiện khí hậu nhiệt đới

Việt Nam là: Hỏng hóc, chập cháy các thiết bị điện, điện tử trong khoang thiết bị phía trước do hơi ẩm tích tụ trong khoang theo thời gian; ăn mòn điểm trên trụ cằng giảm chấn và các bộ phận kim loại; lão hóa và hỏng các gioăng đệm cao su buồng lái và vỏ bọc dây dẫn của hệ thống điều hòa; lão hóa, phân hóa, bong tróc màng sơn phủ trên thân máy bay; mài mòn lớp sơn trong suốt điện tử trên ăng ten; phá hủy tấm đệm polyurethane trong thùng nhiên liệu. Kết quả phân tích cũng cho thấy hỏng hóc xuất hiện trên các máy bay họ Su diễn ra với tần suất cao nhất vào thời gian từ tháng 4 đến tháng 10, khi độ ẩm không khí và nhiệt độ đều cao. Thời gian còn lại trong năm mức độ các hỏng hóc, thay thế thấp hơn nhiều. Kết quả phân tích được tổng hợp cho phép có cái nhìn tổng thể về trạng thái kỹ thuật của các máy bay thế hệ 4 khi khai thác ở điều kiện nhiệt đới.

Việc sử dụng cách tiếp cận có hệ thống trong phân tích trạng thái kỹ thuật của máy bay cho phép xác định được các vấn đề cơ bản nhất. Giải quyết các vấn đề đó, một mặt sẽ giúp đưa ra những khuyến nghị cho công tác BDKT trong Quân đội Việt Nam, mặt khác cũng đưa ra các yêu cầu chính xác hơn về việc bảo đảm độ bền nhiệt đới cho chính các nhà sản xuất của Liên bang Nga.

Ключевые слова: Самолёт 4-кого поколения, тропика Вьетнама, системный подход, анализ.

Nhận bài ngày 25 tháng 9 năm 2017

Hoàn thiện ngày 9 tháng 10 năm 2017

(1) Институт проблем Экологии и Эволюции им. А.Н. Северцова

(2) Российско-Вьетнамский научно-исследовательский и технологический тропический центр