

ОСНОВЫ ЭКСПЛУАТАЦИИ ПЛАНЕРА БЕЗ МЕЖРЕМОНТНОГО РЕСУРСА

Рассмотрены вопросы, связанные с переходом на перспективные методы эксплуатации летательных аппаратов по состоянию. Особое внимание уделено обеспечению в новых условиях технического обслуживания и ремонта наиболее трудоемкого элемента летательного аппарата – планера.

Планер воздушного судна (ВС) определяет особенности конструкции и межремонтные ресурсы ВС в целом. Существующие объемы работ по ремонту планера составляют 20...25 % от общего объема работ, выполняемых при ремонте ВС. Технология ремонта планера обуславливает демонтаж изделий и оборудования с ВС, что препятствует внедрению прогрессивных методов эксплуатации этих изделий без фиксированных ресурсов. Поэтому решение задачи эксплуатации планера ВС без межремонтных ресурсов определяет и решение задачи совершенствования технического обслуживания и ремонта ВС в целом.

Установление ресурса планеру базируется на последовательной модели надежности, характеризующейся постепенным накоплением и развитием неисправностей в зависимости от наработки, причем эта зависимость может быть выражена функционально или стохастически. Ремонт планера восстанавливает его летную годность при отработке назначенного ресурса; летная годность планера в свою очередь определяет его способность сохранять аэродинамические качества и выдерживать без повреждения нагрузки, действующие на ВС в процессе эксплуатации в реальных условиях.

Появляющиеся в процессе эксплуатации неисправности планера могут быть разделены на определенные группы. Такие виды неисправностей, как трещины, деформации и разрушения от повторяющихся нагрузок, механический износ и ослабление соединений, определяют межремонтный ресурс. Развитие коррозии, потеря физических свойств материалов и разрушение лакокрасочных покрытий определяют срок службы, а другие виды неисправностей являются случайными по появлению и мгновенными по физической сущности процессов.

При ремонте планера ВС выполняются такие виды целевых работ, как контроль состояния и восстановление надежности.

Целевые работы по контролю состояния обеспечивают определение годности планера и его элементов для дальнейшей эксплуатации, однако их выполнение не изменяет технического состояния и не восстанавливает ресурс.

Целевые работы по восстановлению надежности по своему назначению полностью соответствуют задачам ремонта. Эти работы обеспечивают свойство планера сохранять в пределах назначенного ресурса значения всех параметров, характеризующих его способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях эксплуатации ВС.

Кроме целевых, при ремонте планера выполняются и вспомогательные работы, обеспечивающие реализацию заданных технологических процессов на следующих этапах ремонта: приемке, разборке, смывке лакокрасочных

покрытий, комплектации, сборки, испытаний и контроля качества. Объемы вспомогательных работ определяются уровнем ремонтной технологичности конструкции планера, объемами и технологией выполнения целевых работ.

Целевые ресурсные работы при ремонте планера составляют 15...20 % от общего объема ремонта планера. При этом 80...90 % целевых работ составляют работы по контролю состояния, связанные с усталостными повреждениями, которые определяют до 90 % всех неисправностей планера. Таким образом, межремонтный ресурс планера обосновывается необходимостью выполнения 3...5 % работ по восстановлению надежности и 12...15 % работ по контролю состояния от общего объема всех видов работ при ремонте планера [1].

Для планера в целом устанавливается назначенный ресурс. При его отработке для отдельных элементов конструкции могут устанавливаться ограничения по наработке, при которых данный элемент должен быть заменен, доработан или проконтролирован.

По конструктивному исполнению элементы планера могут быть разделены на механические системы, подвижные соединения и несилловые детали конструкции; конструктивные силовые агрегаты и неподвижные силовые соединения; моноблочные силовые детали.

Отработка назначенного ресурса обеспечивается применением следующих принципов проектирования элементов планера: безопасного повреждения, конструктивного безопасного ресурса.

Проектирование по принципу безопасного повреждения предполагает обеспечение безотказности планера за счет повышенной живучести элементов конструкции при повреждении и за счет их резервирования при разрушении.

Проектирование по конструктивному принципу предполагает, что повреждение и разрушение малоответственных элементов планера не влияет на безопасность и регулярность полетов. Эти принципы проектирования применяются для механических систем, подвижных соединений несилловых деталей, которые не определяют межремонтный ресурс планера, поскольку не влияют на работоспособность планера в целом и устраняются по мере их появления. Следовательно, межремонтный ресурс обусловлен применением принципа безопасного ресурса для конструктивных силовых агрегатов, неподвижных силовых соединений и моноблочных силовых деталей. Безопасный межремонтный ресурс t по результатам испытаний устанавливается таким образом, чтобы вероятность отказа $P_i(t)$ i -х элементов конструкции при отработке ресурса всеми ВС парка не превышала заданной нормативной величины.

Функция распределения $F(t)$ времени появления усталостных повреждений в элементах конструкции плане-

ра соответствует, как правило, логарифмически нормальному закону распределения или распределению Вейбулла. Смысл коэффициентов надежности и правила их выбора для расчета безопасного ресурса определены нормами летной годности таким образом, чтобы безопасный ресурс обеспечивался без проведения в эксплуатации дополнительных работ по контролю состояния. Поэтому выполнение в процессе регулярной эксплуатации ВС большого объема работ по контролю состояния элементов планера с введением межремонтного ресурса и самой разборкой планера при ремонте имеет целью не решение задач ремонта, а обоснование и подтверждение ресурсов элементов, которые в полном объеме должны быть выполнены на этапе испытаний.

Ограничение по наработке для элементов конструкции (ЭСК) с безопасным повреждением допустимо рассматривать как результат испытаний на надежность с ограниченным числом неисправностей по плану, а с учетом распространения испытаний на эксплуатацию – по плану (планам испытаний – по ГОСТ 27.002). Тогда межремонтный ресурс i -го ЭСК определяется по выражению

$$\tau_i = \rho \int_0^{\infty} P_i(x) dx,$$

где $0 < \rho < 1$; $P_i(x)$ – функция надежности.

Для распределения Вейбулла коэффициент ρ равен

$$\rho = \frac{\sqrt[\beta]{-\ln(1-q)}}{K_\beta},$$

где q – заданная вероятность появления повреждения элемента; α, β – параметры распределения Вейбулла.

Межремонтный ресурс τ обоснован, если при ремонте производится доработка элемента с полным восстановлением начального ресурса.

Установление назначенного ресурса для элементов планера, определяющих безопасность полетов, связано с ответственностью поставщика α , качеством проектирова-

ния, испытаний и изготовления и ответственностью эксплуатанта β за качество эксплуатации, причем вероятность появления в эксплуатации отказавших элементов равна $(1 - \alpha)$ и β соответственно. При недопустимости появления в эксплуатации отказа элементов точная оценка риска поставщика будет вычисляться следующим образом:

$$\alpha = 1 - P(q),$$

при доверительных границах

$$\alpha_1 = 1 - P(q_1), \alpha_2 = 1 - P(q_2),$$

где q, q_1, q_2 – точечная оценка, верхняя и нижняя границы среднего уровня входного качества элементов в эксплуатации, соответственно.

Оперативная характеристика плана ресурсных испытаний $P(q)$ при $q \ll 0,1$ % определяется как

$$P(q) \approx e^{-Nq},$$

а количество испытанных элементов при $\beta = 0,05$

$$N \geq 3 / q.$$

Таким образом, для существующих нормативов появления в эксплуатации особых ситуаций полета ВС из-за функциональных отказов требования к обоснованию безопасного ресурса для элементов планера являются очень жесткими и риск поставщика определяется качеством проектирования, испытаний и изготовления. Не обеспечивая требуемых качеств проектирования и изготовления, поставщик расширяет объем испытаний, перенося их на этапы регулярной эксплуатации.

Библиографический список

1. Далецкий, С. В. Структура плановых форм ТОиР изделий при различных стратегиях поддержания и восстановления надежности / С. В. Далецкий // Тр. ГосНИИ ГА. Вып. 274. 1988.

I. V. Demin, A. B. Katsura

BASES OF OPERATION OF THE GLIDER WITHOUT THE BETWEEN-REPAIRS RESOURCE

The questions connected to transition to perspective methods of operation of flying devices on a condition are considered. The special attention is given to maintenance of maintenance service and repair in new conditions of the most labour-consuming element of the flying device – a glider.