

УДК 621.532

Анипко О.Б., Иленко Е.Ю.

**УПРАВЛЕНИЕ НАДЁЖНОСТЬЮ ОБЪЕКТОВ АВИАЦИОННОЙ ТЕХНИКИ
КАК СЛОЖНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ***Харьковский университет Воздушных Сил*

Процесс управления надёжностью сложных технических систем во всех сферах деятельности человека, где предусмотрено их практическое применение, привлекает все большее внимание ученых.

Не стала исключением в разработке данного вопроса и военная авиация.

Актуальность прогнозирования технического состояния объектов военной авиационной техники обусловлена, зачастую, непомерно высокой стоимостью результата отказа отдельного элемента сложной технической системы, какой является современный летательный аппарат (ЛА). Эта цена становится крайне высокой в случаях, когда речь идет о жизни летного или технического состава.

Затраты на мероприятия по повышению надежности могут быть соизмеримы с ценой отказа исследуемого объекта, но не должны её превышать. В противном случае теряется целесообразность дальнейшей эксплуатации технической системы. В этой связи комплекс мероприятий по повышению надежности авиационной техники является достаточно дорогостоящим. Правильное прогнозирование технического состояния системы даёт возможность рационально выработать перечень и период проводимых работ – эксплуатационных мероприятий по управлению надёжностью. Другими словами, делает эксплуатацию авиационной техники (АТ) оптимальной с точки зрения материальных и временных затрат для поддержания необходимого уровня её надёжности.

Прогноз и оценка технического состояния элементов ЛА необходимы для решения двух насущных задач, стоящих перед военной авиацией на Украине:

- 1) задача модернизации парка боевой авиационной техники (БАТ);
- 2) переход на эксплуатацию АТ (или отдельных её систем) по состоянию, которая предусматривает отказ от традиционных дорогостоящих регламентных мероприятий.

При переходе от планово-предупредительной системы к эксплуатации по состоянию необходимо:

наличие высококвалифицированных специалистов (экспертов), способных правильно определить критические с точки зрения надёжности элементы, узлы, агрегаты;

наличие совершенных технических средств диагностики и контроля состояния элементов систем ЛА;

обоснование методики оценки надёжности ЛА, как сложной системы, по данным, полученным с помощью технических средств диагностики.

Управление надёжностью летательных аппаратов является многоэтапным процессом. Весь период выработки летательным аппаратом своего технического ресурса можно разделить на ряд отдельных этапов. Каждый этап характеризуется набором факторов, влияющих на надёжность, причем как повышающих её, так и снижающих. Различными для каждого этапа также будут и зависимости, позволяющие моделировать процессы износа или старения и дающие возможность прогнозировать надёжность каждого отдельного элемента системы [1].

Выделим основные эксплуатационные этапы „жизненного цикла” современного ЛА в сочетании с внешними факторами, влияющими на надёжность, и сделаем их краткий обзор (Рис.1).

Основными этапами жизненного цикла летательного аппарата являются:
производство и хранение до начала эксплуатации;
непосредственно эксплуатация, которая в свою очередь делится на лётную и техническую;
ремонт.

Непременно следует оговориться, что элементы лётной и технической эксплуатации проходят в тесной взаимосвязи и влияют друг на друга. Эксплуатация в целом представляет собой чередование мероприятий технической и лётной эксплуатации.

Надёжность авиационной техники зависит от большого числа эксплуатационных факторов. При эксплуатации ЛА подвергается постоянному воздействию внешних условий и внутренних процессов, как при работе, так и при сбережении и хранении. Эксплуатационные факторы можно разделить на три категории [2]:

- факторы, действующие на АТ в полёте и при работе на земле;
- факторы, обусловленные характером и особенностями базирования, сбережения и хранения АТ;
- факторы, зависящие от уровня и организации эксплуатации техники и подготовленности личного состава.

Наибольшему воздействию АТ подвергается при работе в условиях изменяющихся внешних факторов, поэтому основные нагрузки техника воспринимает в полёте. Режимы работы, перепады давлений и температур, силовые нагрузки, вибрация, действующие на ЛА в полёте зависят от характера полётного задания и состояния атмосферы. Так при полётах на малых высотах повышенные нагрузки испытывают обшивка и элементы каркаса, а на больших высотах – герметические кабины, системы подачи воздуха и герметизации. Нагрузка органов приземления зависит от состояния взлётно-посадочной полосы. При пилотаже и боевом маневрировании большие перегрузки испытывает вся конструкция ЛА, а гиперзвуковая скорость приводит к аэродинамическому нагреву обшивки.

Представленная схема этапов жизненного цикла ЛА носит общий характер. Для каждого типа ЛА она имеет свои особенности. Главные отличия состоят в этапах лётной эксплуатации. Факторы и условия выполнения полётного задания вертолётa существенно отличаются от самолётa. Вертолёту присущи такие отличительные этапы полёта, как взлёт «по-вертолётному», висение, развороты и перемещения у земли с последующим приземлением, предпосадочное снижение и гашение скорости. В полёте вертолёт испытывает меньшие перегрузки, чем самолёт, но большие вибрации. Наличие на вертолётe несущего и рулевого винтов, других вращающихся элементов обуславливает иные подходы к определению его надёжности, как сложной системы.

При более детальном приближении следует учитывать тип конкретного ЛА (транспортный самолёт, бомбардировщик, истребитель, штурмовик и т.д.)

Таким образом, лётная эксплуатация АТ в зависимости от содержания и условий полётного задания в большей или меньшей степени снижает показатели надёжности элементов ЛА.

Работа систем ЛА на земле является, как правило, менее напряженной. Факторы, влияющие на надёжность АТ при её нахождении на земле, зависят от времени года, погодных и климатических условий, особенностей и характера базирования, а также от организации сбережения и хранения.

Комплекс мероприятий технической эксплуатации АТ, проводимой на земле, направлен на повышение надёжности авиационной техники. Эти мероприятия включают в себя:

осмотры авиационной техники с устранением обнаруженных неисправностей;
замену элементов и деталей, которые выработали свой ресурс или не подлежат ремонту;

работы по содержанию, бережению и хранению техники (смазка, консервация, чистка, регулировка, настройка и т.д.);

выполнение доработок на АТ;

работы по переходу к зимней (летней) эксплуатации.

Вид ремонта определяется характером повреждений и неисправностей, техническим состоянием авиационной техники и объёмом восстановительных работ. Если мелкий текущий ремонт заключается в устранении незначительных повреждений или неисправностей деталей, узлов, механизмов, блоков, приборов и агрегатов, то при капитальном ремонте АТ полностью разбирается, детали дефектируются, выявленные неисправности устраняются, агрегаты, блоки и приборы ремонтируются и испытываются на стендах. Двигатель после капитального ремонта испытывается на стенде, а ЛА – в воздухе по специальной программе. Ремонт является основным видом восстановления надёжности АТ.

Мероприятия технической эксплуатации и ремонта ЛА составляют содержание мероприятий по управлению надёжностью.

При определении надёжности ЛА в целом, его структурируют. Надёжность ЛА как сложной технической системы представляет собой сочетание логических умножений и сумм надёжностей агрегатов, узлов, систем всего множества элементов. Надёжность каждого i -го элемента ЛА является функцией факторов, влияющих на него

$$P_i(t)=f(x_1, x_2, \dots, x_n),$$

где x_1, x_2, \dots, x_n – факторы.

Детальный анализ показывает, что не все факторы оказывают одинаковое влияние на надёжность рассматриваемого i -го элемента ЛА. Рассмотрим это на примере авиационного двигателя (АД) самолёта.

Исследования показали [3], что из всего множества ожидаемых условий эксплуатации авиационного двигателя можно выделить пять главных с точки зрения воздействий на надёжность АД:

величина использования максимальных режимов за ресурс;

продолжительность полёта самолёта;

отклонение фактической температуры атмосферного воздуха от расчётной;

отклонение фактического давления атмосферного воздуха от расчётного;

суммарная наработка парка двигателей данного типа.

На основании обработки статистических данных об отказах и неисправностях совокупности турбореактивных, турбовинтовых и двухконтурных двигателей различного назначения в процессе эксплуатации были получены следующие зависимости показателей надёжности (наработки, приходящейся на одно выключение двигателя в полёте $T_{\text{ОПВ}}$, на один досрочный съём двигателя $T_{\text{ДСД}}$ и на суммарное количество неисправностей T_{Σ}) от указанных выше эксплуатационных факторов:

$$T_{\text{ОПВ}} = a_{\text{ОПВ}} \rho^{-0,572} h^{0,797} \tau^{0,422} \text{ тыс.ч./отк.}; \quad (1)$$

$$T_{\text{ДСД}} = a_{\text{ДСД}} \rho^{-0,161} h^{0,967} \tau^{0,284} \text{ тыс.ч./отк.}; \quad (2)$$

$$T_{\Sigma} = a_{\Sigma} \rho^{-0,379} h^{0,098} \tau^{0,246} \text{ тыс.ч./отк.} \quad (3)$$

Если представить эти зависимости в общем виде с введением в них дополнительных эксплуатационных факторов, относящихся к числу основных, получим:

$$T_{\text{ОПВ}} = a_{\text{ОПВ}} \rho^{-\alpha_{\text{ОПВ}}} h^{\beta_{\text{ОПВ}}} \Delta t^{\gamma_{\text{ОПВ}}} \Delta p^{-\delta_{\text{ОПВ}}} \tau^{\epsilon_{\text{ОПВ}}}; \quad (4)$$

$$T_{дсд} = a_{дсд} \rho^{-\alpha_{дсд}} h^{\beta_{дсд}} \Delta t^{\gamma_{дсд}} \Delta p^{-\delta_{дсд}} \tau^{\varepsilon_{дсд}}; \quad (5)$$

$$T_{оуэ} = a_{оуэ} \rho^{-\alpha_{оуэ}} h^{\beta_{оуэ}} \Delta t^{\gamma_{оуэ}} \Delta p^{-\delta_{оуэ}} \tau^{\varepsilon_{оуэ}}; \quad (6)$$

$$T_{\Sigma} = a_{\Sigma} \rho^{-\alpha_{\Sigma}} h^{\beta_{\Sigma}} \Delta t^{\gamma_{\Sigma}} \Delta p^{-\delta_{\Sigma}} \tau^{\varepsilon_{\Sigma}}, \quad (7)$$

где $T_{оуэ}$ – наработка на отказ, устраняемый в эксплуатации; ρ – средняя относительная величина использования максимальных режимов за ресурс; h – средняя величина продолжительности полёта самолёта; Δt – средняя величина отклонения фактической температуры атмосферного воздуха от расчётной (стандартной) величины; Δp – средняя величина отклонения фактического давления атмосферного воздуха от расчётной (стандартной) величины; τ – величина суммарной наработки (с начала эксплуатации) парка двигателей данного типа; $\alpha, \beta, \gamma, \delta, \varepsilon$ – соответствующие постоянные показатели, определяющие степень влияния эксплуатационного фактора на соответствующие показатели надёжности двигателя; $a_{опв}, a_{дсд}, a_{оуэ}, a_{\Sigma}$ – соответствующие постоянные коэффициенты.

Дальнейшей задачей является определение величин $\alpha, \beta, \gamma, \delta, \varepsilon, a_{опв}, a_{дсд}, a_{оуэ}, a_{\Sigma}$ для конкретного двигателя. Осуществить это можно на основании материалов обобщения и анализа информации об отказах и неисправностях двигателей, имеющих место в процессе эксплуатации.

Из зависимостей (1), (2), (3) можно судить, что величины рассматриваемых наработок двигателя обратно пропорциональны средней относительной величине использования максимальных режимов за ресурс, и прямо пропорциональны средней величине продолжительности полёта самолёта и величине суммарной наработки (с начала эксплуатации) парка двигателей данного типа. Показатели степени значений перечисленных факторов зависят от вида наработки.

В заключение отметим, что наличие фактических зависимостей, определяющих влияние эксплуатационных факторов на показатели надёжности двигателя и норм на них, дает возможность рассчитать фактические значения технико-экономических характеристик. Получить эти зависимости для конкретного АД можно на основании его статистической модели надёжности.

Литература

1. Моломин В.П. Модели управления надёжностью авиационной техники. – М.: Машиностроение, 1981. – 199 с.
2. Инженерно-авиационная служба и эксплуатация летательных аппаратов. М.: Военное издательство МО СССР, 1971. – 450 с.
3. Алексеев К.П. Надёжность и технико-экономические характеристики авиационных двигателей. – М.: Транспорт, 1980. – 102 с.

УДК 621.532

Аніпко О.Б., Іленко Є.Ю.

УПРАВЛІННЯ НАДІЙНІСТЮ ОБ'ЄКТІВ АВІАЦІЙНОЇ ТЕХНІКИ ЯК СКЛАДНИХ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ

Розглянуто етапи «життєвого циклу» літальних апаратів у поєднанні з зовнішніми факторами, що впливають на надійність авіаційної техніки. Приведено залежності показників надійності авіаційного двигуна від експлуатаційних факторів.

