

ИНФОРМАЦИОННАЯ ПОДДЕРЖКА УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ В ЗАДАЧАХ СОПРОВОЖДЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ АВИАЦИОННОЙ ТЕХНИКИ

Ю. И. Буряк (Москва)

К важнейшему направлению работ по совершенствованию авиационной техники и методов ее обслуживания, прежде всего, следует отнести систематический анализ изменения состояния воздушных судов (ВС) и их компонентов в процессе эксплуатации. Такой анализ выполняет роль обратной связи, позволяющей оценивать эффективность проводимых промышленностью и эксплуатирующими организациями мероприятий для систематического повышения надежности ВС и обеспечения безопасности полетов.

Существующая система сбора данных позволяет следить в эксплуатации до уровня каждого номера ВС; в ее рамках регламентируются состав и периодичность сбора информации о технической состоянии ВС, состав участников системы, их функции и т.д.

Рис. 1.

Первичная информация о надежности элементов авиационной техники в такой системе формируется в объеме карточки учета неисправностей (КУН) (рис. 1); она включает данные о неисправностях, отказах и наработке конкретных изделий, получаемые по результатам испытаний и эксплуатации. Дальнейшее движение полученных сведений включает их регистрацию, согласование и организацию хранения сводных данных.

Существующая практика анализа полученных данных основана на простейших операциях манипулирования информацией: группировки, сортировки, фильтрации и экстраполяция прогноза; полученные выводы, в основном, касаются принятия решений по приостановке эксплуатации конкретного типа ВС, когда количество отказов одного типа превысит определенный уровень, о возможности продления ресурса или срока службы данного типа ВС в случае обеспечения его показателей надежности в течение заданного срока службы и т.д.

Поэтому решение актуальных задач повышения показателей эффективности эксплуатации ВС в рамках существующей методологии выглядит достаточно проблематичным и требует разработки подходов, основанных на интеграции методов информатики, теорий принятия решений и управления, где в рамках взаимосвязанных ком-

пьютерных процедур (единой программной среды) дополнительно реализуются следующие процессы:

- анализ тенденций изменения показателей состояния техники, выявление внутренних взаимозависимостей между ними, обеспечивающих их целенаправленное изменение;
- формирование целевых критериев деятельности, моделей показателей и оценки относительной эффективности влияния отдельных факторов на сформированные критерии;
- формирование ограниченного множества стратегий управления, их согласование и конечное ранжирование, исходя из экономического и других критериев эффективности достижения результатов деятельности при соблюдении заданных ограничений, начальных данных и граничных условий.

Постановка задачи исследований

В процессе эксплуатации ВС в силу совместного действия факторов внешней среды (температура, влажность и пр.), конструктивно-технологического несовершенства (производственные дефекты, разбросы характеристик и пр.) и организационно-технических недоработок (регламенты обслуживания, режимы эксплуатации, качество обслуживания и пр.) имеют место отказы и неисправности компонентов ВС, обуславливающие простой ВС и соответствующие потери эксплуатанта, включающие экономическую составляющую: прямые потери, определяемые стоимостью летного часа и количеством потерянного времени, и вторичные, связанные с упущенной выгодой или штрафными санкциями при невыполнении договорных обязательств. В составе рассматриваемых потерь также следует рассматривать показатели, определяющие целевое назначение ВС, например, требуемый уровень боеготовности и пр. Впрочем, такие потери при задании соответствующих значений весовых коэффициентов возможно также рассматривать в качестве экономической составляющей.

Потребность уменьшения суммарных экономических потерь вызывает необходимость проведения работ и связанные с ними дополнительные затраты, которые принципиально могут быть направлены на реализацию следующих основных стратегий:

- совершенствование рабочих процедур по устранению обнаруженных отказов;
- проведение работ по предупреждению отказов.

В общем, работы по устранению обнаруженных отказов включают в себя следующие этапы:

- обнаружение (диагностирование) отказа;
- доставка запасных и комплектующих со склада;
- собственно проведение необходимых работ по обслуживанию/замене агрегата.

Соответственно минимизация затрат в рамках данной стратегии связана с общим уменьшением времени на каждом этапе, т.е. привлечением/приобретением автоматизированных средств диагностики отказов, изменением технологии проведения работ и предварительной закупкой гарантированного запаса ЗИП на складе.

Работы по предупреждению отказов, прежде всего, предполагают изменение периодичности регламентных работ. В этом случае, в рамках данного этапа регламентных работ предполагается проведение дополнительных работ с компонентами, изначально отнесенными к другому временному регламенту. Соответственно, затраты в рамках данной стратегии обусловлены дополнительными закупками ЗИП и проведением соответствующих работ, приводящих к уменьшению интенсивности отказов, т.е. времени простоя ВС в межрегламентный период.

Представляется достаточно очевидным, что увеличение затрат в рамках реализации рассмотренных стратегий объективно обуславливает уменьшение времени про-

стоя ВС в межрегламентный период, т.е. потери эксплуатанта. Разнонаправленный характер функциональных зависимостей потерь и затрат обуславливает наличие точки суммарного минимума.

Таким образом, совершенствование показателей эксплуатации ВС возможно рассматривать в сфере чисто экономических показателей и свести к поиску стратегии, обеспечивающей минимизацию суммарного экономического ущерба от потерь, вызванных простоем ВС и затрат по их устранению и предупреждению.

Математически задача совершенствования экономических показателей эксплуатации ВС имеет следующий вид:

ДАНО:

$S = \{s_1, s_2, \dots, s_k, \dots, s_l\}$ – множество компонентов ВС, отказ которых приводит к простоям;

$Y = \{y_1, y_2, \dots, y_j, \dots, y_m\}$ – множество стратегий по предупреждению и устранению отказов.

НАЙТИ:

$\forall s_k \in S$ такую стратегию $y_j^* \in Y$ при которой суммарный ущерб (Y_{abc}) будет минимальным при условии выполнения ограничений по величине выделенных на закупку ЗИП денежных средств a_Σ , т.е.:

$$y^* = \arg \min \{ Y_{abc}(s_k, y_j) : a_r(s_k) < a_\Sigma, j=1, 2, \dots, m, k=1, 2, \dots, q \},$$

Методологическая основа определения экономических показателей эксплуатации ВС

В основу методологии совершенствования показателей эффективной эксплуатации ВС положена модель количественной оценки экономической эффективности применения конкретной стратегии устранения/предупреждения отказов компонентов ВС в условиях динамики изменения состава и параметров факторов внешних воздействий в реальном времени. К составляющим такой модели следует отнести следующие компоненты.

Модель потерь. Модель потерь определяется заданием конкретной целевой функции, компоненты которой характеризуют как экономические аспекты эксплуатации ВС, так и аспекты, связанные с целевым назначением конкретных ВС. Задача принятия решений в условиях оптимизации отдельных показателей – составляющих целевых функций, в однокритериальной постановке, позволяет определить однозначно стратегию управления на основе использования известных методов и алгоритмов, подробно рассмотренных в многочисленной литературе. Необходимость учета нескольких целевых функций соответствует задаче многокритериальной (векторной) оптимизации, не имеющей однозначного общего решения и представляющей собой попытку нахождения наилучших значений вектора параметров системы (x) путем установления дополнительных отношений предпочтения. При неравноценных критериях, для которых можно установить приоритеты по важности, осуществляется операция ранжирования различного типа. Можно выделить два направления в реализации этой операции: ранжирование при сведении задачи многокритериальной оптимизации к однокритериальному случаю и ранжирование в собственно многокритериальном случае. Наиболее распространенным является метод свертки векторной целевой функции с помощью построения скалярной функции F – обобщенного критерия относительно векторного критерия $Q(x)$ с компонентами $Q_i(x)$, и последующей однокритериальной оптимизацией $F(\alpha, Q(x)) = \rightarrow \min_{x \in D_x} ; \sum_{i=1}^S \alpha_i = 1$, где x, α – векторы параметров состояния и весовых коэффициентов ранжирования частных критериев. В качестве обобщенных

критериев могут быть использованы различные функции F , например, аддитивные, мультипликативные, среднестепенные, минимаксные и пр.

Однако, с учетом финансового характера целевых функций, особенно на верхнем уровне управленческой иерархии, понятно, что наибольший интерес представляет рассмотрение обобщенного критерия F аддитивного вида. Минимизация аддитивной функции позволяет ранжировать частные критерии и создавать приоритет увеличением соответствующих значений α_i с учетом нормировки и приведения к безразмерному виду. В этом случае имеет место переход от субъективизма при выборе предпочтений векторных критериев к субъективизму назначения величин коэффициентов α_i .

Модель затрат. Модель затрат определяет структуру основных влияющих факторов и дает количественную оценку интегральных затрат для произвольной комбинации рассматриваемых стратегий. В общем, структура модели строится на базе суперпозиции следующих основных влияющих факторов:

- трудозатрат обслуживающего персонала, определяемых уровнем его квалификации и временем выполнения производственных операций;
- объема запасных частей и комплектующих (расходные материалы) в физическом и стоимостном исчислении и их распределением по складам базирования;
- объема закупок средств автоматизации деятельности.

Ключевое значение для оценок затрат имеет прогнозирование объемов необходимого материально-технического обеспечения, основанное на статистической обработке исторических данных по отказам компонентов ВС.

В общем, структура таких зависимостей может быть описана следующими соотношениями

$$\lambda(t) = A * L(S_{\text{состояния}}, T) + B_{\text{управления}} * U(Q_{\text{обслуж}}, K_{\text{склад}}) + C * R(V_{\text{внеш.факт.}}),$$

где λ – интенсивность отказов в интервале времени $(T - T_0)$; A – матрица аппроксимирующих коэффициентов; L – вектор усредненных интенсивностей отказов для компонентов ВС; $S_{\text{состояния}}$ – коэффициент состояния изделия; T – время наблюдения; $B_{\text{управления}}$ – матрица коэффициентов вектора управления; U – вектор управляющих воздействий; $Q_{\text{обслуж}}$ – коэффициент периодичности обслуживания; $K_{\text{склад}}$ – коэффициент резервирования на складе; C – матрица внешних факторов; R – вектор внешних факторов; $V_{\text{внеш.факт.}}$ – коэффициент, учитывающий воздействие внешних факторов.

Коэффициенты, входящие в модель, рассчитываются на основе обработки статистических сведений по отказам и/или постановки специальных лабораторных исследований.

Зная интенсивность отказа техники в межремонтный период и количество эксплуатируемых агрегатов, можно оценить затраты на приобретение ЗИП.

Общая схема проведения расчетов по выбору оптимальной стратегии включает подэтапы формирования множества возможных и выбора оптимальных вариантов, впрочем, в ряде случаев достаточную эффективность показывают и методы параметрического синтеза.

Реализация информационной поддержки принятия решений для совершенствования экономических показателей эксплуатации ВС

Реализация поддержки принятия управленческих решений предполагает создание компьютерной системы, поддерживающей выполнение взаимосогласованных типовых задач, а именно: ввода/актуализации исходных данных и ограничений, внешних воздействующих факторов и формирования целевой функции, аналитической обработки данных и визуализации ее результатов, а также управления ходом решения задачи.

Экранные формы ввода/актуализации исходных данных и ограничений предназначены для добавления в состав БД сведений об отказах/неисправностях компонентов

ВС. Структура БД в основном определяется атрибутивным описанием отказа в объеме КУН-а (см. рис.1). Посредством экранных форм осуществляется поддержка операций автоматизированного ввода данных, ввода/удаления справочных сведений и ограничений.

Экранные формы ввода внешних воздействующих факторов предназначены для добавления сведений о внешних факторах, воздействующих на компоненты ВС на разных этапах жизненного цикла, ценовые показатели стоимости оборудования, рабочего времени, временные факторы и пр. Посредством экранных форм осуществляется поддержка ввода/удаления, поиска необходимых сведений, а также формирования целевой функции эффективности эксплуатации.

Экранные формы визуализации результатов аналитической обработки предназначены для организации управления обработкой на разных ее этапах, отображения пользователю результатов обработки данных на разных этапах, включая оценки эффективности рассмотренных стратегий с выходом на планирование закупок ЗИП в виде заданного перечня отчетов (таблиц с данными), графиков и диаграмм.

Организация вычислительного процесса в такой системе основана на согласованном взаимодействии разрабатываемой прикладной программы (ПП) и средств и инструментов пакетов EXEL и STATISTIKA. Здесь в ПП реализованы функции по ведению реляционной БД показателей эксплуатации компонентов ВС, ее преобразованию в многомерную, организация передачи данных в пакеты EXEL и STATISTIKA, формирования этапов аналитической обработки данных и выбору соответствующих методов обработки и пр. В рамках EXEL используются встроенные средства по визуализации наборов данных для их первичной визуальной оценки, а также функции прогнозирования поведения выбранных показателей. В пакете STATISTIKA обеспечивается оценка корреляции выбранных наборов данных и построения моделей показателей на основе методов множественной регрессии.

Заключение

Как показывает анализ существующей практики, на сегодняшний день решение вопросов организации экономической эксплуатации АТ остается на уровне подходов 10-летней давности, без учета развития информационных технологий; полученные выводы, в основном, касаются принятия решений по приостановке эксплуатации конкретного типа ВС, когда количество отказов одного типа превысит определенный уровень, о возможности продления ресурса или срока службы данного типа ВС в случае обеспечения его показателей надежности в течение заданного срока службы и т.д.

Поэтому решение актуальных задач по определению потребностей авиационных частей/эксплуатирующих организаций в запасных частях, необходимой численности исполнителей технического обслуживания (ТО) и ремонта, возможностей по корректировке назначенных ресурсов и сроков службы АТ и отработке других мероприятий, направленных на поддержание необходимого уровня исправности АТ, может быть основано на методах компьютерной поддержки принятия решений.

Комплекс разрабатываемых программных средств предназначен для анализа в реальном времени статистических показателей по отказам компонентов ВС и формирования возможных решений по организации их более экономичной эксплуатации.