

УДК 629.735.017.83

## ИНТЕГРИРОВАННАЯ ЛОГИСТИЧЕСКАЯ ПОДДЕРЖКА УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССАМИ ПОДДЕРЖАНИЯ ЛЕТНОЙ ГОДНОСТИ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ

А.А. ИЦКОВИЧ, И.А. ФАЙНБУРГ

В статье приведены результаты исследований по анализу логистической поддержки процессов поддержания летной годности (ПЛГ) воздушных судов (ВС), решению задач научно-методического обеспечения: анализа логистической поддержки и формирования системы интегрированной логистической поддержки (ИЛП).

**Ключевые слова:** воздушные суда, процессы поддержания летной годности, анализ логистической поддержки, система ИЛП, моделирование управляемых процессов ПЛГ ВС, программное управление процессами ПЛГ ВС, управление режимами ПЛГ компонентов ВС.

Проблема ПЛГ ВС находится в центре внимания авиационной администрации, специалистов научно-исследовательских организаций и предприятий авиационной промышленности и гражданской авиации (ГА).

Основные требования и рекомендации по ПЛГ ВС содержатся в международных стандартах и руководствах ИКАО, в нормативных документах МАК и Российской Федерации, в опубликованных материалах научно-исследовательских работ в области ПЛГ ВС.

Транспортная стратегия Российской Федерации до 2030 г., утвержденная Правительством 22.11.2008 г. № 1734-р., относит к основным недостаткам воздушного транспорта старение основных фондов и их неэффективное использование и считает важнейшим элементом обеспечения безопасности полетов совершенствование системы ПЛГ ВС.

Сокращение затрат на поддержку жизненного цикла (ЖЦ) изделия является одной из целей внедрения концепции и стратегии CALS (Continuous Acquisition and Life-cycle Support) - идеологии создания единой информационной среды для процессов проектирования, производства, испытаний, поставки и эксплуатации продукции. Комплекс управленческих процессов и процедур, направленных на сокращение затрат на постпроизводственных стадиях ЖЦ, объединяется понятием ИЛП - интегрированной логистической поддержки (Integrated Logistic Support), основанной на применении CALS-технологий [7].

Согласно ГОСТ Р 53394 – 2009 «ИЛП промышленных изделий – совокупность видов инженерной деятельности, реализуемых посредством управленческих, инженерных и информационных технологий, ориентированных на обеспечение высокого уровня готовности изделий (в том числе показателей, определяющих готовность – безотказности, долговечности, ремонтпригодности, эксплуатационной и ремонтной технологичности и др.) при одновременном снижении затрат, связанных с их эксплуатацией и обслуживанием» [1].

ГосНИИ ГА создана информационно-аналитическая система мониторинга летной годности ВС, представляющая собой совокупность нормативно-технической базы, аппаратно-программных средств и алгоритмов обработки информационных потоков, связанных с ЖЦ ВС и его компонентов, обеспечивающих непрерывный контроль и анализ летной годности ВС в рамках единого информационного пространства государственного контроля разработки, производства, поставки и эксплуатации АТ [2].

В связи с этим особую актуальность приобретает проблема создания системы ИЛП управления процессами ПЛГ ВС с целью повышения их эффективности на основе применения современных CALS-технологий.

Анализ логистической поддержки изделия (*Logistic Support Analysis*) управления процессами ПЛГ ВС включает решение задач научно-методического обеспечения: анализа процессов

ПЛГ ВС и формирования системы ИЛП управления процессами ПЛГ ВС, моделирования управляемых процессов ПЛГ ВС, программного управления процессами ПЛГ ВС, управления режимами ПЛГ компонентов ВС.

Выполнены анализ процессов ПЛГ ВС и формирование системы ИЛП управления процессами ПЛГ ВС, содержащей принципы управления, цели управления, характеристики процессов ПЛГ ВС как объектов управления, органы управления, функции управления, методы управления и типовые алгоритмы принятия решений (табл. 1).

Системный подход заключается в создании целостной системы управления, охватывающей все стадии ЖЦ ВС, все этапы эксплуатации, периоды планирования и все уровни организационной структуры инженерно-авиационной службы ГА.

Для обеспечения целенаправленности управления и ориентации на конечные результаты деятельности авиапредприятий по ПЛГ ВС используется целевой подход. При этом *под управляемым процессом ПЛГ ВС* понимается любая деятельность по ПЛГ, использующая ресурсы и управляемая для обеспечения способности превращать входящие элементы в выходящие. *Деятельность по ПЛГ* охватывает комплекс мер, посредством которых обеспечивается соответствие всех ВС действующим требованиям лётной годности и их поддержание в состоянии, необходимом для безопасной эксплуатации на протяжении эксплуатационного срока службы (поправка 102 ИКАО к Приложению № 8 к Конвенции о международной ГА). *Совокупность взаимосвязанных управляемых процессов ПЛГ ВС* образует последовательную во времени смену состояний процесса ПЛГ в соответствии с принятой стратегией [8].

Выполнена классификация процессов ПЛГ ВС, содержащая следующие группы процессов: выдача дополнения к сертификату типа ВС в соответствии с процедурами АП-21 МАК (раздел Е), в том числе при продлении ресурсов и сроков службы ВС; сохранение стабильности производства; сертификация экземпляра ВС; сертификация эксплуатанта и организации по техническому обслуживанию и ремонту (ТОиР) - центра ТОиР; общесистемные процессы, связанные с построением системы управления процессами ПЛГ ВС; управление режимами ПЛГ ВС; контроль лётной годности ВС; управление процессами ПЛГ ВС; информационное обеспечение.

На основе системного подхода определен состав показателей эффективности процессов ПЛГ ВС, включающий показатели безотказности АТ, безопасности и регулярности полетов, интенсивности использования ВС, экономичности процессов ПЛГ ВС. При этом, по сравнению с известной системой показателей эффективности процессов технической эксплуатации (ТЭ) ВС, расширена номенклатура показателей, введены дополнительно единичные показатели: вероятность невозникновения особой ситуации в полете  $P_{oc}(t)$ ; вероятность безотказной работы  $P(t)$ ; наработка на отказ  $T_O$ ; вероятность восстановления  $P_B(t)$ ; среднее время восстановления  $t_{Bcp}$  и комплексные показатели: коэффициент готовности  $K_G$ ; коэффициент оперативной готовности  $K_{OG}$ ; показатель поддерживаемости  $K_{ПП}$  [4].

Предложены новые показатели эффективности процессов ПЛГ ВС:

- коэффициент оперативного использования на  $j$ -м уровне управления  $K_{OIj}$

$$K_{OIj} = K_{Иj} P(t);$$

- коэффициент эффективности использования на  $j$ -м уровне управления  $K_{ЭИj}$

$$K_{ЭИj} = \frac{T_{j-1}}{T_j},$$

где  $T_{j-1}$ ,  $T_j$  - фонды календарного времени на  $j-1$ ,  $j$ -м уровнях управления, соответственно.

Таблица 1

Содержание системы интегрированной логистической поддержки управления процессами ПЛГ ВС

Система интегрированной логистической поддержки управления процессами ПЛГ ВС						
1. Нормативная база системы						
Международные стандарты	Авиационные правила МАК	Воздушный кодекс РФ	Государственные стандарты	Федеральные авиационные правила	НТЭРАТ ГА	Эксплуатационная и ремонтная документация
2. Подсистемы и элементы интегрированной логистической поддержки управления процессами ПЛГ ВС						
2.1. Принципы управления	2.2. Цели управления	2.3. Объект управления	2.4. Орган управления	2.5. Функции управления	2.6. Методы управления	2.7. Управленческие решения
● Системный подход	● Безопасность полетов	● Процессы ПЛГ	● Регулирование	● Анализ	● Экономические	● Корректировка режимов ПЛГ
● Целенаправленность	● Регулярность полетов	● Процессы ТОиР	● Сертификация	● Планирование	● Административные	● Продление ресурсов и сроков службы
● Процессный подход	● Интенсивность использования	● Продление ресурсов и сроков службы	● Надзор	● Оперативное управление	● Социальные	● Доработки
● Комплексность	● Снижение затрат	● Доработки	● Контроль	● Оценка	● Оперативные	● Директивы летной годности
● Многовариантность	● Эффективность	● Сертификация	● Менеджмент	● Стимулирование	● Программные	● Улучшение процессов
● Сбалансированность	● Качество	● Устранение неисправностей	● Линейное руководство	● Учет и отчетность	● Адаптивные	● Совершенствование методов
● Динамичность	● Поддерживаемость	● Информационные технологии	● Анализ логистической поддержки	● Логистическая поддержка	● Системный анализ	● Повышение эффективности

Решение задач управления процессами ПЛГ ВС требует информационного обеспечения, которое должно содержать всю номенклатуру исходных данных о летной годности ВС. Выполнена классификация информации о летной годности ВС.

Разработано научно-методическое обеспечение моделирования управляемых процессов ПЛГ ВС, включающее формирование иерархической структуры полумарковской модели управляемых процессов ПЛГ ВС, оценивание параметров и проверку ее адекватности по данным эксплуатационных наблюдений.

Разработана методика построения полумарковской модели управляемых процессов ПЛГ ВС, учитывающая особенности процесса ПЛГ ВС как объекта управления, свойства полумарковских процессов, характер исходной информации о процессах ПЛГ ВС и содержащая методические рекомендации по решению комплекса задач.

Разработано научно-методическое обеспечение программного управления процессами ПЛГ ВС, включающее формирование программы эксплуатации и подсистемы управления процессами ПЛГ ВС, разработку метода оценки эффективности процессов ПЛГ ВС и построение модифицированной полумарковской модели управляемого процесса ПЛГ стареющего парка ВС.

Предложены выражения для оценки показателей эффективности процессов ПЛГ ВС [4]: при известном методе – коэффициента использования  $K_{Иi} = J_i, i = \overline{0,3}$ ; при новом методе – коэффициента эффективности использования  $K_{ЭИi} = I_i, i = \overline{0,3}$ .

В терминах полумарковских процессов определены показатели эффективности  $K_{ЭИi} = I_i, i = \overline{0,3}$  (1), (2) и абсолютный показатель  $K_{И} = I = J_3$  (3) на различных уровнях управления:

$$I_0 = \pi_1 \mu_1 / \sum_{i=1}^{r_0} \pi_i \mu_i; \quad (1)$$

$$I_j = \sum_{i=1}^{r_{j-1}} \pi_i \mu_i / \sum_{l=1}^{r_j} \pi_l \mu_l, \quad j = \overline{1,3}; \quad (2)$$

$$I = \pi_1 \mu_1 / \left( \sum_{i=1}^{r_0} \pi_i \mu_i + \sum_{k=r_0+1}^{r_1} \pi_k \mu_k + \sum_{l=r_1+1}^{r_2} \pi_l \mu_l + \sum_{m=r_2+1}^r \pi_m \mu_m \right). \quad (3)$$

Применение математического аппарата управляемых полумарковских процессов для моделирования процессов ПЛГ самолетов Ту-154М на протяжении всего их ЖЦ дает возможность выполнить оценку эффективности различных вариантов программы ПЛГ самолетов Ту-154М [6].

Показано, что при обеспечении заданного уровня безопасности и регулярности полетов новая программа ПЛГ самолетов Ту-154М (без капитального ремонта) в условиях центров ТОиР эффективнее исходной программы ПЛГ (с капитальным ремонтом и поэтапным продлением ресурсов и сроков службы) по показателям интенсивности использования и экономичности процессов ПЛГ ВС самолетов Ту-154М [5; 6]. Результаты проведенных исследований и опыт применения эффективной программы ПЛГ самолетов Ту-154М (без капитального ремонта) в центрах ТОиР может быть использован при эксплуатации «стареющего» парка ВС других типов.

Разработано научно-методическое обеспечение управления режимами ПЛГ компонентов ВС, содержащее процедуры выбора стратегий и режимов ПЛГ компонентов ВС, модели и методики управления процессами ПЛГ компонентов ВС, эксплуатируемых по наработке, по состоянию с контролем параметров, с контролем уровня надежности и заменяемых по состоянию. Режимы ПЛГ компонентов ВС в зависимости от принципов проектирования, методов и стратегий ПЛГ состоят из сочетания режимов ТОиР, режимов диагностирования, режимов контроля параметров и режимов контроля надежности [3].

Таким образом, на основе анализа логистической поддержки управления процессами ПЛГ ВС предложено содержание системы ИЛП управления процессами ПЛГ ВС и разработаны научно-методические основы управления процессами ПЛГ ВС.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. **ГОСТ Р 53393-2009.** Интегрированная логистическая поддержка. Основные термины и определения. - Введ. 2010-07-01. - М.: Стандартинформ, 2010.
2. **ГОСТ Р 54080-2010.** Воздушный транспорт. Система технического обслуживания и ремонта авиационной техники. Информационно-аналитическая система мониторинга летной годности воздушных судов. Общие требования. - Введ. 2012-07-01. - М.: Стандартинформ, 2012.
3. **Ицкович А.А., Файнбург И.А.** Управление режимами ПЛГ изделий летательных аппаратов, заменяемых по состоянию // Научный Вестник МГТУ ГА, серия Навигация и УВД. - 2007. - № 121 (11). - С. 51 – 56.
4. **Ицкович А.А., Файнбург И.А.** Показатели эффективности процессов поддержания летной годности воздушных судов // Научный Вестник МГТУ ГА. - 2012. - № 178. - С. 21 – 26.
5. **Ицкович А.А., Файнбург И.А.** Обобщение опыта применения эффективных программ поддержания летной годности ВС в центрах ТОиР АТ // Научный Вестник МГТУ ГА. - 2011. - № 173. - С. 7 – 19.
6. **Itskovich A.A., Faynburg I.A., Shapkin V.S., Gromov M.S., Semin A.V., Grishin A.N.** Application of the Effective Programmes of Maintaining Tu-154M Aircraft Airworthiness in the Aircraft Maintenance Centers // Of the third World's Congress «Aviation in the 21st– Kyiv, Ukraine: NAU, 2008. Volume 1. - S. 11.14 – 11.21.
7. **Судов Е.В.** Технологии интегрированной логистической поддержки изделий машиностроения/ А.И. Левин, А.В. Петров, Е.В. Чубарова. - М.: Издательский дом «Информбюро», 2006.
8. **Файнбург И.А.** Управление процессами ПЛГ ВС в центрах ТОиР АТ // Научный Вестник МГТУ ГА. - 2006. - № 100. - С. 29 – 36.

#### INTEGRATED LOGISTICS SUPPORT OF THE MANAGEMENT OF PROCESSES OF MAINTAINING OF THE AIRCRAFT AIRWORTHINESS

**Itskovich A.A., Faynburg I.A.**

The article presents the results of research on the analysis of logistic support processes of maintaining of the aircraft (AC) airworthiness (AW), the solution of problems of scientific and methodological support: analysis of logistics support and formation of an integrated logistics support (ILS).

**Key words:** aircrafts, processes of maintaining of the airworthiness, analysis of logistic support, ILS system, modeling of operated processes of AC AW, program management for processes of AC AW, management of the AW modes of the AC components.

#### Сведения об авторах

**Ицкович Александр Абрамович**, 1934 г.р., окончил УАИ (1957), профессор, доктор технических наук, профессор кафедры технической эксплуатации летательных аппаратов и авиадвигателей МГТУ ГА, автор более 280 научных работ, область научных интересов – эксплуатационная надежность и эффективность эксплуатации авиационной техники, управление процессами технической эксплуатации и поддержания летной годности летательных аппаратов, интегрированная логистическая поддержка.

**Файнбург Инна Александровна**, окончила МИИВТ (1989), кандидат технических наук, доцент кафедры технической эксплуатации летательных аппаратов и авиадвигателей МГТУ ГА, автор более 60 научных работ, область научных интересов – управление процессами технической эксплуатации и поддержания летной годности летательных аппаратов, интегрированная логистическая поддержка.