

УДК 004.891.3

КОНЦЕПЦИЯ СОЗДАНИЯ ЭКСПЕРТНОЙ СИСТЕМЫ АНАЛИЗА ПРИЧИН НЕИСПРАВНОСТЕЙ САМОЛЁТА

© 2017 О.В. Перфильев, С.Г. Рыжаков

Ульяновский филиал конструкторского бюро ПАО «Туполев»

Статья поступила в редакцию 15.09.2017 г.

Авторами предложена концепция экспертной системы **анализа причин неисправности на самолёте** с получением интеллектуальной информационной поддержки при определении анализа причин возникновения неисправностей в оборудовании самолёта и выдачей рекомендаций по их устранению за счет использования аккумулированных знаний экспертов предприятия и нормативно-справочной документации. Рассмотрены особенности работы данной системы на примере анализа диагностики электромеханической системы. Проведен расчёт экономического эффекта от внедрения экспертной системы в авиакомпанию.

Ключевые слова: экспертная система, искусственный интеллект, самолет, база знаний.

Постоянное усложнение состава бортового оборудования, систем и механизмов самолёта, с одной стороны и необходимость постоянного повышения уровня безопасной эксплуатации самолёта с другой, требуют адекватного совершенствования средств его послепродажного обслуживания.

В настоящее время затраты на техническую эксплуатацию каждого экземпляра современных типов воздушных судов (ВС), включая доработки, выполнение формы технического обслуживания (ТО) и стоимость запчастей и оборудования за весь срок эксплуатации ВС до списания в 2-3 раза превышают его начальную стоимость [1].

На этапе изготовления самолёта или при проведении «тяжёлых» форм обслуживания (при выполнении проверок работы бортовых систем и оборудования) с использованием диагностических бортовых систем встроенного контроля (ВСК), бортовых систем технического обслуживания (БСТО) происходит определение и регистрация отказов отдельных компонентов бортового оборудования (например, систем, агрегатов, блоков). При этом сами системы нередко дают сбои, подают ложные сигналы, ошибочно бракуя взаимодействующие системы. Кроме того, незначительная часть бортовых систем, например, на самолёте Ту-204 остаётся неохваченной встроенным контролем. К тому же, в этих системах нет полного подробного описания и объяснения того, как

система получила данную рекомендацию. Наиболее эффективным средством по поиску и локализации индицируемых отказов функций бортового оборудования является эвристический подход и многочисленные эксперименты на борту, и информация, содержащаяся в руководствах по техническому обслуживанию (РО, РЭ) и технологических картах (ТК), или в его интерактивном варианте, реализованном например, в среде TG BUILDER (TGB).

Однако, на практике применение этих средств неэффективно из-за присущих им недостатков, к которым относится:

- обращение к эксплуатационно-технической и ремонтно-технической документации (в бумажном или сканированном виде) и её постоянное обновление (дополнение), в том числе раздел по поиску и устранению неисправностей (ПиУН);
- недостаточная эффективность систем встроенного контроля и диагностирования (большое число не выявленных и ложных отказов);
- высокая трудоемкость составления бумажных документов;
- необоснованные демонтажно-монтажные работы на борту;
- использование «ручного» способа последовательного перебора всех возможных причин;
- отсутствие режима самообучения;
- нет возможности прогнозирования и наступления предстоящих неисправностей или отказов.

Для устранения указанных недостатков и развития системы управления безопасностью полетов (СУБП) на этапе эксплуатации, проведения ТО, ремонта и производства, подготовки специалистов (повышение квалификации)

Перфильев Олег Владимирович, кандидат технических наук, инженер-конструктор 2 кат.

E-mail: oleg_perfiliev@mail.ru

Рыжаков Станислав Геннадьевич, кандидат технических наук, директор.

предлагается создание экспертной системы анализа причин неисправностей (ЭСАН), основу которой составляют проблемно-ориентированные базы знаний (БЗ), сформированные на основе фактов и правил, например по внешним проявлениям и способам поиска и устранения неисправностей в различных системах и агрегатах ВС.

На рис. 1 показана процедура поиска и устранения неисправностей при использовании «ручного» метода.

Процедура поиска работы ЭСАН представлена на рис. 2.

Согласно представленной на рис. 2 процедуре поиска и устранения неисправностей при использовании ЭСАН авиатехник при обнаружении внешних признаков при проведении ТО, находясь на борту самолета, со своего планшетного ПК обращается к ЭСАН для устранения неисправности. При этом база знаний системы заранее заполнена специалиста-

ми. В случае, если неисправность найдена в базе знаний специалист получает готовое решение с рекомендациями и ссылкой на нормативно-технический документ. Если неисправность не найдена в базе знаний, то для ее устранения необходима помощь группы специалистов (когнитологов) ПАО «Туполев», которая оперативно (удаленно) введет вновь выявленную неисправность в базу знаний.

РАСЧЕТ ПРИБЫЛИ ОТ ВНЕДРЕНИЯ ЭСАН

$$P = \frac{T_{\text{г.надёт}}}{T_{\text{ПТО}}} \cdot \Delta T \cdot n \cdot (C_{\text{нормо-часа}} \cdot K_{\text{СН}} + C_{\text{простоя ВС}}) - A - N \quad [2].$$

Применение системы позволит:

- уменьшить время на поиск и локализацию причин неисправности за счет применения ЭСАН на 25% по сравнению с традиционным способом благодаря алгоритмам диагностирования и знаниям из различных источников;
- снизить время простоя ВС;

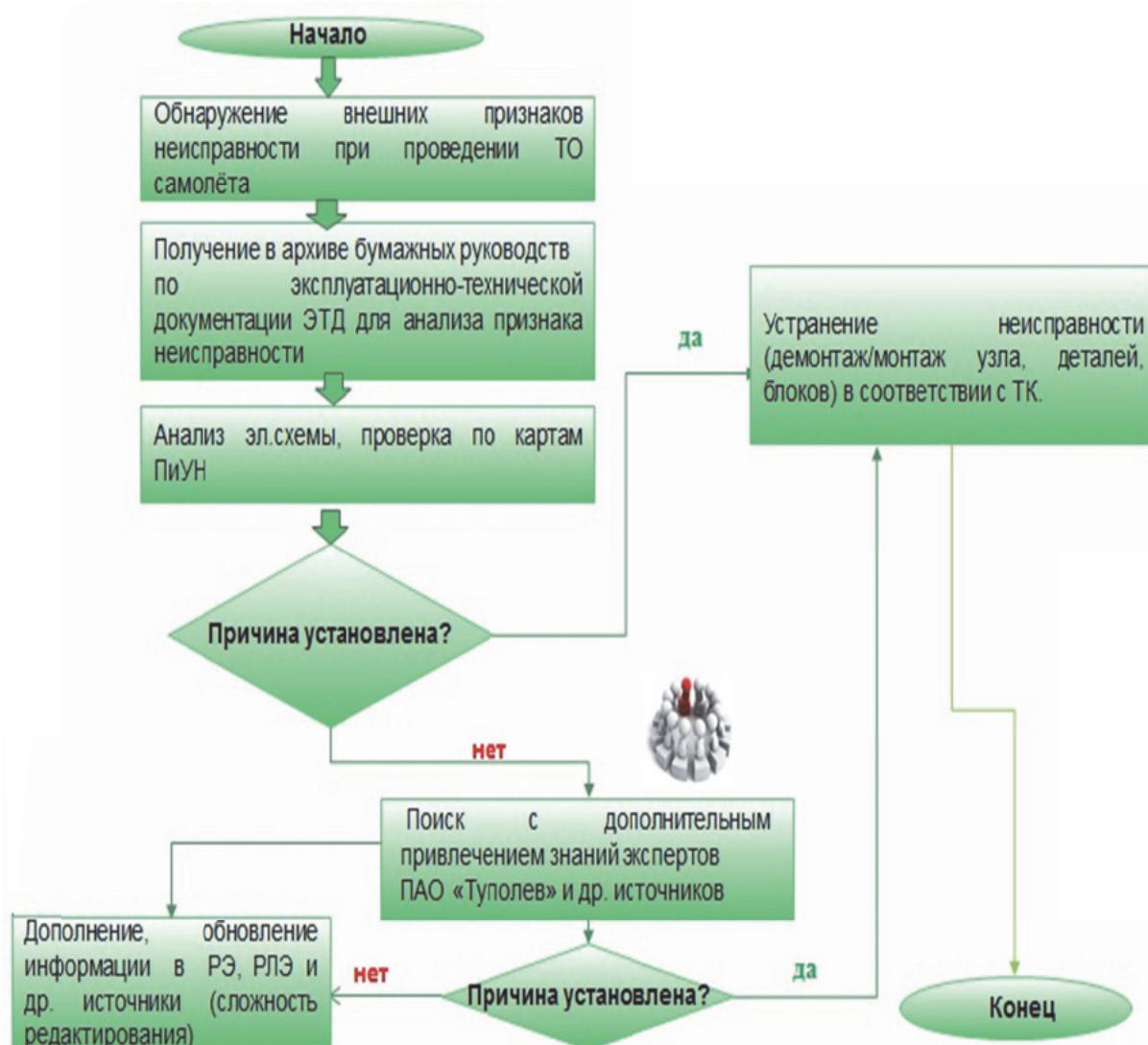


Рис. 1. Процедура поиска и устраниния неисправностей при использовании «ручного» метода

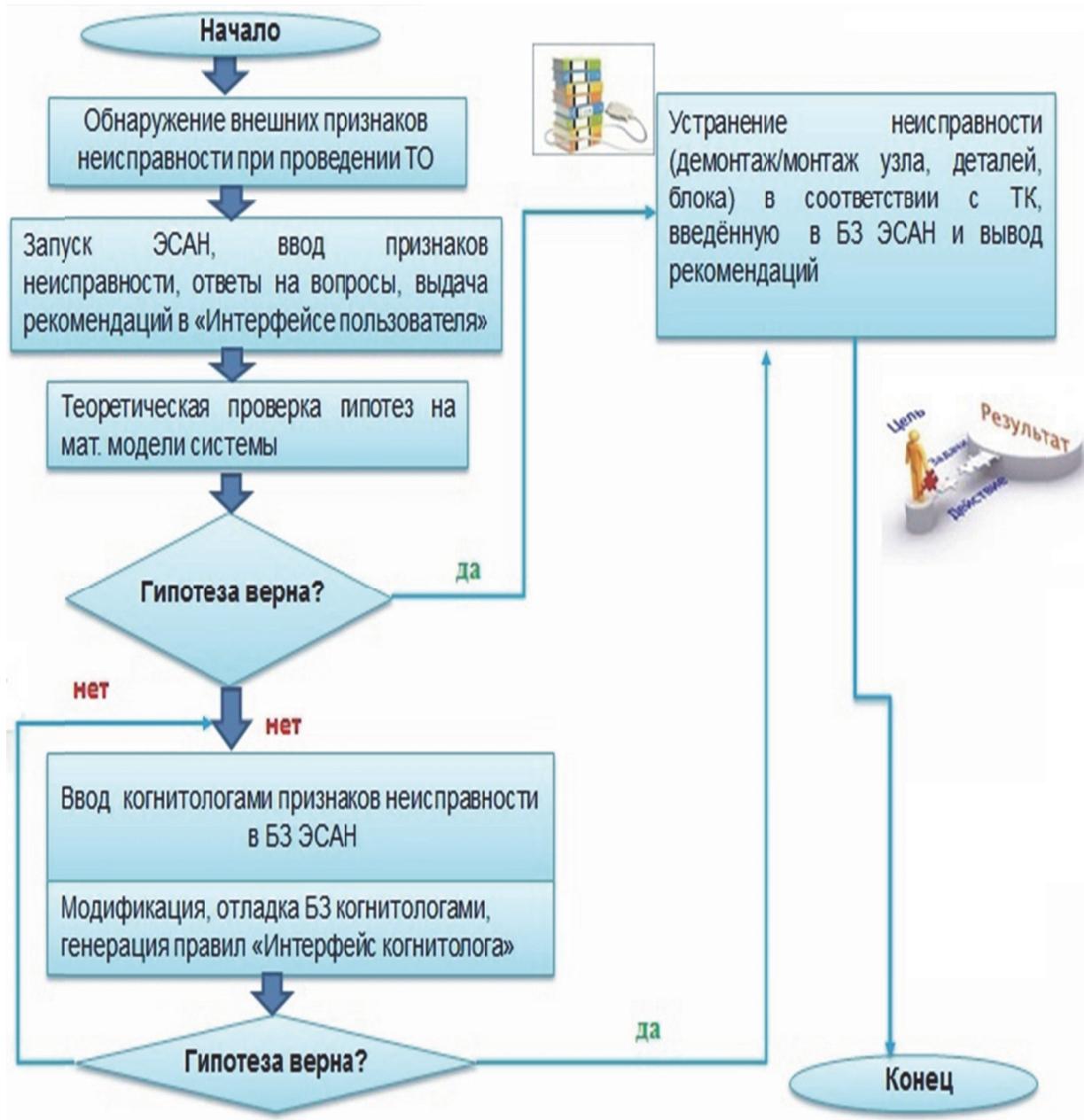


Рис. 2. Процедура поиска и устранения неисправностей при использовании ЭСАН

- вести электронную нормативно-техническую документацию;
 - владеть информацией по всему парку самолётов, с автоматическим получением информации на другие ПК о выполненных операциях в режиме реального времени;
 - снизить информационную нагрузку и рутинные операции на специалистов;
 - снизить количество ошибок при выполнении технического обслуживания;
 - вести коллективный поиск неисправностей в едином информационном пространстве.
- Для 25%-го сокращения времени с учетом затрат на создание ЭСАН прибыль составит 149 млн. руб. в год (на 5 самолетов); на 1 самолет - 27 млн. руб. в год.
- В дальнейшем предполагается проверка на

математической модели по системам самолета выданных ЭСАН гипотез.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Далецкий С.В. Формирование эксплуатационно-технических характеристик воздушных судов гражданской авиации. М.: Воздушный транспорт, 2005. 420 с.
2. Киселев Д.Ю. Совершенствование организации производственных процессов технического обслуживания воздушных судов гражданской авиации на основе современных информационных технологий: Автореф. дис.... канд. техн. наук. Самара, 2009. 20 с.
3. Самолеты семейства ТУ-204 на рынке авиационных перевозок основные проблемы и перспективы их эксплуатации / А.Н. Гришин, С.В. Диогенов, И.А. Самойлов, А.В. Семин, Ю.М. Фейгенбаум, М.А.

Таблица 1. Исходные данные для расчета

		ЭСАН	Бумажный способ
$T_{\text{г.налёт}}$	Годовой налёт самолёта (Ту-204-100В), л.ч.	2200 [3]	2200 [3]
$T_{\text{ПТО}}$	Среднемесячный налёт самолёта между плановым техническим обслуживанием (ПТО), л.ч.	300 [3]	300 [3]
T	Время выполнения периодической формы Ф1 ТО на систему шасси, чел-ч.	16,75 (0,25*67)	67
		$\Delta T = 50,25$ чел-ч (выигрыш во времени выполнения работы)	
n	Количество самолётов	5	5
$C_{\text{нормо-часа}}$	Стоимость нормо-часа ремонтных работ, руб./ч.	2000	2000
Kch	Коэффициент, учитывающий соц. налоги	1,26	1,26
$C_{\text{простояBC}}$	Стоимость 1 часаостояния 1 ВС * (с учетом изменения курса доллара), руб./ч	80.000 [4]	80.000 [4]
A	Стоимость поддержки в актуальном состоянии в год (включая ежемесячные обновления), руб.	450.000 (0,15*3000000)	450.000
N	Стоимость создания, млн.руб.	3,0	-
Прибыль, млн.руб.		149	

Халенков. 2011. С. 30-40.

4. Писаренко В.Н. Управление системами и процессами эксплуатации авиационных электрических

систем и пилотажно-навигационных комплексов. Электронное учебное пособие Часть 1. Самара, 2012. 82 с.

**CONCEPT OF CREATION EXPERT SYSTEM ANALYSIS OF CAUSES
OF THE TROUBLE ON THE AIRPLANE OF TECHNICAL SPECIFICATIONS**

© 2017 O.V.Perfiliev, S.G. Ryzakov

Ulyanovsk Branch of «Tupolev» Joint-stock company - design bureau

Authors offer the concept of expert system of the analysis of the reasons of malfunction by the plane with reception of intellectual information support at definition of the analysis of the reasons of occurrence of malfunctions in the equipment of the plane and distribution of recommendations on their elimination due to use of the accumulated knowledge of experts of the enterprise and the standard -help documentation. The work of this system is illustrated by an example of analyze electro mechanics troubleshooting. Calculation of economic effect of introduction of expert system is carried out to airline.
Keywords: expert system, artificial intelligence, aircraft, knowledge base.