

УДК 004.891.3

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА ПОИСКА НЕИСПРАВНОСТИ НА САМОЛЁТЕ

© 2018 О.В. Перфильев, С.Г. Рыжаков, В.А. Должиков

Ульяновский филиал конструкторского бюро ПАО «Туполев»

Статья поступила в редакцию 01.11.2018 г.

В статье представлена интеллектуальная система для поиска неисправности на борту самолета, оборудованная сетью, которая разделена на защищенную зону, называемую зоной авионики, и открытую зону. Программный модуль открытой зоны содержит математическую модель оборудования самолёта, имеет возможность вводить в неё отказы, фиксировать её состояние, сравнивать его с записью в бортовом журнале, генерировать представление страниц электронного документа технического обслуживания и передавать их в первый компьютер при совпадении состояния математической модели с записью в бортовом журнале.

Ключевые слова: интеллектуальная система, самолет, поиск неисправностей.

Термины и определения

Бортовой журнал - компьютерное мобильное программное приложение с удобным интерфейсом на планшете, смартфоне летчика или авиатехника, в нем размещен электронный документ с описанием неисправности.

Математическая модель оборудования самолёта - математическая модель, реализующая функцию $O = \Phi(P)$.

Область значений функции Φ - множество отказов оборудования, которые могут быть зафиксированы экипажем или собраны компьютером закрытой зоны за время полёта всего парка самолётов данного типа. К ним относятся: несвоевременное прохождение (не прохождение) индикации (сигнализации) работы устройств, агрегатов, функций; сообщения об отказах быстросменных блоков; несвоевременное включение (отключение) устройств и агрегатов, функций блоков.

Область определения функции Φ - множество причин отказов компонентов (отказы проводников электрических соединителей, автоматов защиты и предохранителей, сигнализаторов, переключателей, источников питания, электро-радио элементов в конструкции самолётных электросборок).

Математическое моделирование отказа - введение в математическую модель компонентов отказов и задержек распространения сигналов в линиях электрических связей.

Программный модуль компьютера открытой зоны - содержит математическую мо-

дель оборудования самолёта, выполняет математическое моделирование отказа, сравнивает её с записью в бортовом журнале, изменяет область значений и область определения функции Φ по команде оператора.

Код отказа - перечень отказов в виде цифр, регистрируемых бортовой системой технического обслуживания (БСТО) с указанием номера системы и подсистемы.

Задачи исследования:

- с помощью математической модели оборудования установить взаимно однозначное соответствие между неисправностью, записанной в бортовом журнале и множеством причин, которые к ней могут привести;

- в течение жизненного цикла изделия наращивать список рассматриваемых неисправностей (значений функции) и список причин (область определения функции).

ОПИСАНИЕ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА

Система состоит из двух частей, 1 и 2, соответственно находящихся в зоне (ЗА) авионики и в открытой зоне (ОЗ). Зона авионики включает в себя рабочее место оператора 7, первый компьютер 4 и бортовой журнал 5.

В качестве первого компьютера 4, например, может выступать бортовая система технического обслуживания (БСТО), в которой регистрируются отказы, случившиеся в полёте.

Открытая зона включает в себя:

- второй компьютер 3, например компьютер базового аэропорта авиакомпании;

- рабочее место оператора 8;

- программный модуль 6, содержащий математическую модель оборудования самолёта.

Первый компьютер 4 взаимодействует с программным модулем 6 второго компьюте-

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

E-mail: oleg_perfiliev@mail.ru

Рыжаков Станислав Геннадьевич, кандидат технических наук, директор.

Должиков Владимир Александрович, первый заместитель директора по ЭРАНО.

ра 3, который связан с первым компьютером 4 из зоны авионики 1 через одностороннюю линию связи, проходящую от зоны авионики до открытой зоны. Программный модуль 6 содержит математическую модель оборудования самолёта.

Математическая модель оборудования создаётся на основе конструкторской документации разработчика самолёта и загружается в программный модуль компьютера 3 открытой зоны.

Коды отказов, случившихся в данном полёте, в базовом или транзитном аэропорте передаются из первого компьютера 4 зоны авионики (см. Рис.1) во второй компьютер 3 открытой зоны. Второй компьютер 3 с помощью программного модуля 6, запускает имитацию отказов компонентов из области определения функции Φ математической модели ВС, фиксирует появление значения функции Φ , совпадающее с анализируемым кодом отказа. Фиксирует компоненты, отказы которых соответствуют данному значению функции Φ .

Соответствующие этому значению функции Φ отказы компонентов являются причинами рассматриваемого отказа.

Выявив компоненты, отказы которых приводят к данному отказу (неисправности), программный модуль 6 генерирует соответствующие технологические карты по их обслуживанию и передаёт по защищённой сети Интернет на ноутбук, планшет или смартфон на рабочее место оператора технического обслуживания 7 для устранения отказа компонентов.

В том случае, если после выполнения предписанных операций по технологическим картам (ТК), устранения отказа не произошло, поиск причин отказа выполняется традиционным способом. После устранения отказа, оператор с рабочего места 7, по защищённой сети Интернет направляет отчёт на рабочее место оператора 8 для уточнения области определения функции Φ математической модели оборудования. Отчёт оператора 7 представляет собой словесное описание установленной причины отказа.

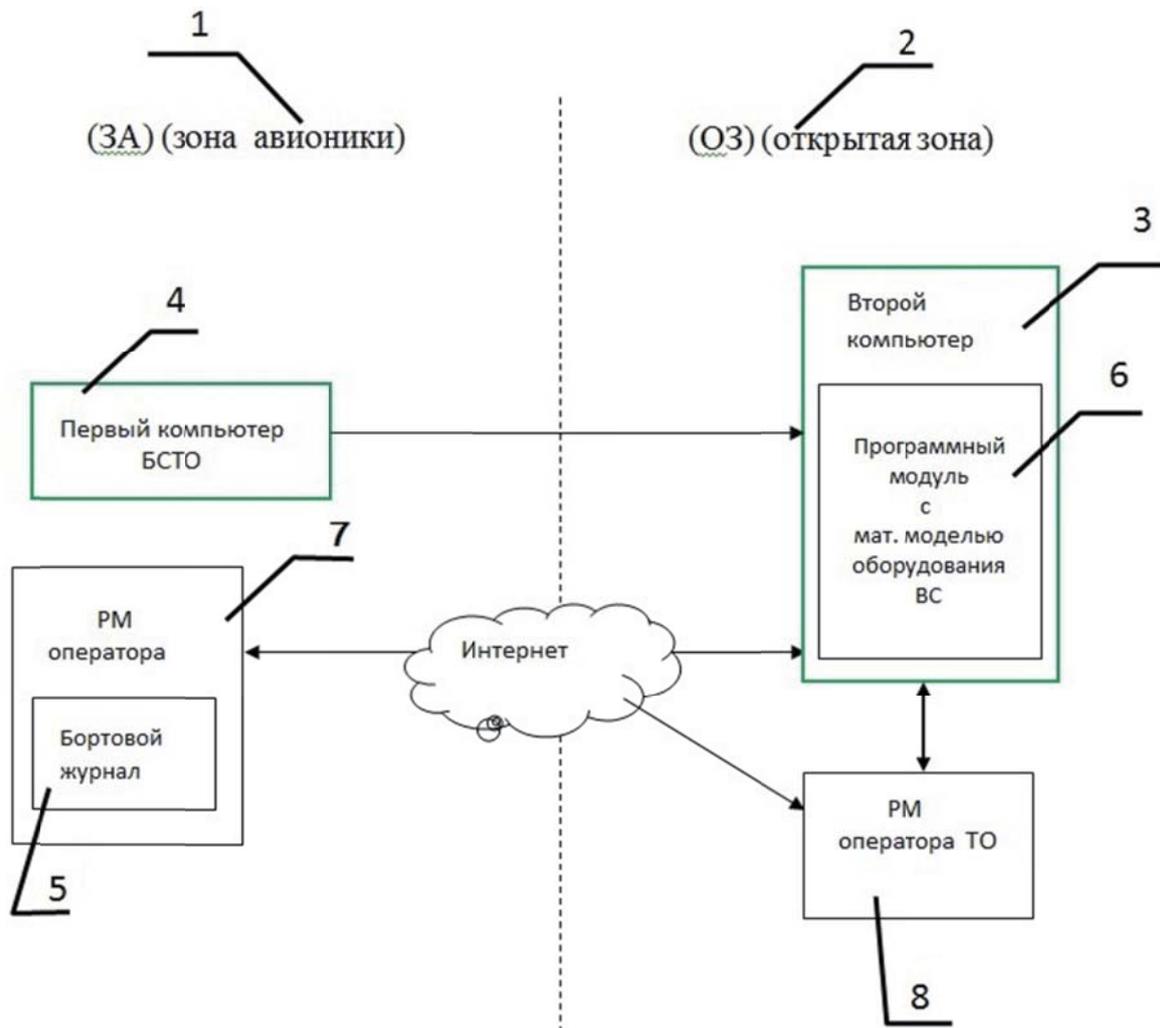


Рис. 1. Работа компьютерной системы технического обслуживания:
 1 – зона (ЗА) авионики; 2 – открытая зона (ОЗ); 3 – второй компьютер;
 4 – первый компьютер; 5 – бортовой журнал; 6 – программный модуль;
 7 – рабочее место оператора; 8 – рабочее место оператора ТО

В том случае, если программный модуль второго компьютера 3 не обнаружил код отказа по результатам работы математической модели, то программный модуль второго компьютера 3 добавляет этот код (тип) отказа в область значений функции Ф, сообщает по защищённой сети Интернет на ноутбук, планшет или смартфон на рабочее место оператора технического обслуживания 7 для устранения отказа компонента. Дальнейшее устранение причин отказа и уточнение функции Ф происходит в соответствии с алгоритмом (Рис. 2). Однако, после определения причин данного отказа, оператор с рабочего места 7 по защищённой сети Интернет направляет отчёт на рабочее место оператора 8 для уточнения области определения функции Ф математической модели оборудования и алгоритма моделирования.

Сведения об отказе, записанные экипажем в бортовой журнал 5, передаются оператором 7 оператору 8 открытой зоны по защищённому каналу сети Интернет. Оператор 8 формирует с помощью программного модуля 6 второго компьютера 3 код отказа и запускает имитацию отказов компонентов из области определения

функции Ф математической модели самолёта. Выявив компоненты, отказы которых приводят к данному отказу, программный модуль генерирует соответствующие технологические карты по их обслуживанию и передает по защищённой сети Интернет на ноутбук, планшет или смартфон на рабочее место оператора технического обслуживания 7 для устранения отказа компонентов. Дальнейшее устранение причин отказа и уточнение функции Ф происходит в соответствии с алгоритмом (Рис.2, 2а).

Как видно из алгоритма работы системы, поиск причин неисправности и генерирование соответствующих технологических карт ведётся автоматически вторым компьютером 3 открытой зоны с помощью программного модуля 6. При этом нет необходимости иметь в первом компьютере 4 зоны авионики программный модуль с деревом отказов и выполнять его уточнение в процессе жизненного цикла самолёта. Все возможные причины отказа, встретившиеся в течение жизненного цикла всего парка самолётов, вычисляются программным модулем 6 во втором компьютере 3 открытой зоны, а сам

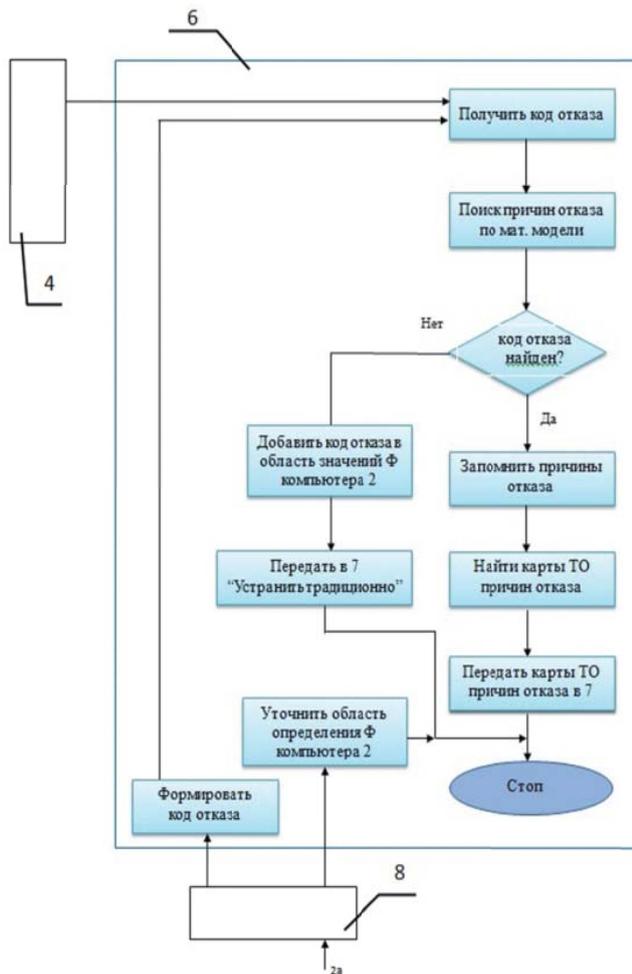


Рис. 2

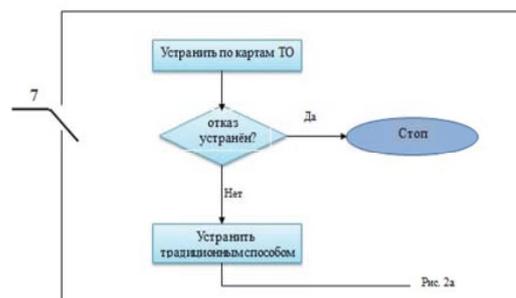


Рис. 2а

Рис. 2, 2а. Алгоритм работы компьютерной системы технического обслуживания: 4 – первый компьютер; 6 – программный модуль; 7 – рабочее место; 8 – оператор ТО

программный модуль 6 обновляется в соответствии с описанным алгоритмом.

Использование программного модуля 6 с математической моделью оборудования позволяет повысить эффективность поиска неисправности, так как второй компьютер 3 выявляет все компоненты бортовой кабельной сети, являющиеся причиной данного отказа. Нет необходимости разрабатывать дерево отказа, создавать дорогостоящие и малоэффективные Руководства по диагностике неисправности (РДН) и поддерживать их в актуальном состоянии.

На Рис. 3 представлена модификация системы, содержащая третий компьютер 9, например сервер разработчика самолета, предназначенный для:

- формирования и модификации математической модели оборудования самолёта в ходе выполнения опытно-конструкторских работ;
- хранения актуальных релизов математической модели оборудования самолёта и резервирования данных;

- поиска неисправности с помощью математической модели оборудования самолёта программного модуля;

- обеспечения соединения по протоколу TCP/IP с рабочим местом оператора технического обслуживания (ТО);

- аутентификации и авторизации оператора технического обслуживания при подключении и тестировании программного модуля (моделирование отказов);

- обеспечения защиты данных от взлома

На Рис. 4, 4а представлена модификация алгоритма работы программного блока 6 второго компьютера и оператора 7

В том случае если оператору 7 не удалось найти причину отказа традиционным способом, он направляет код отказа по защищённой сети Интернет в третий компьютер 9, для получения дополнительных рекомендаций по устранению отказа. После определения причин данного отказа, оператор с рабочего места 7 по защищён-

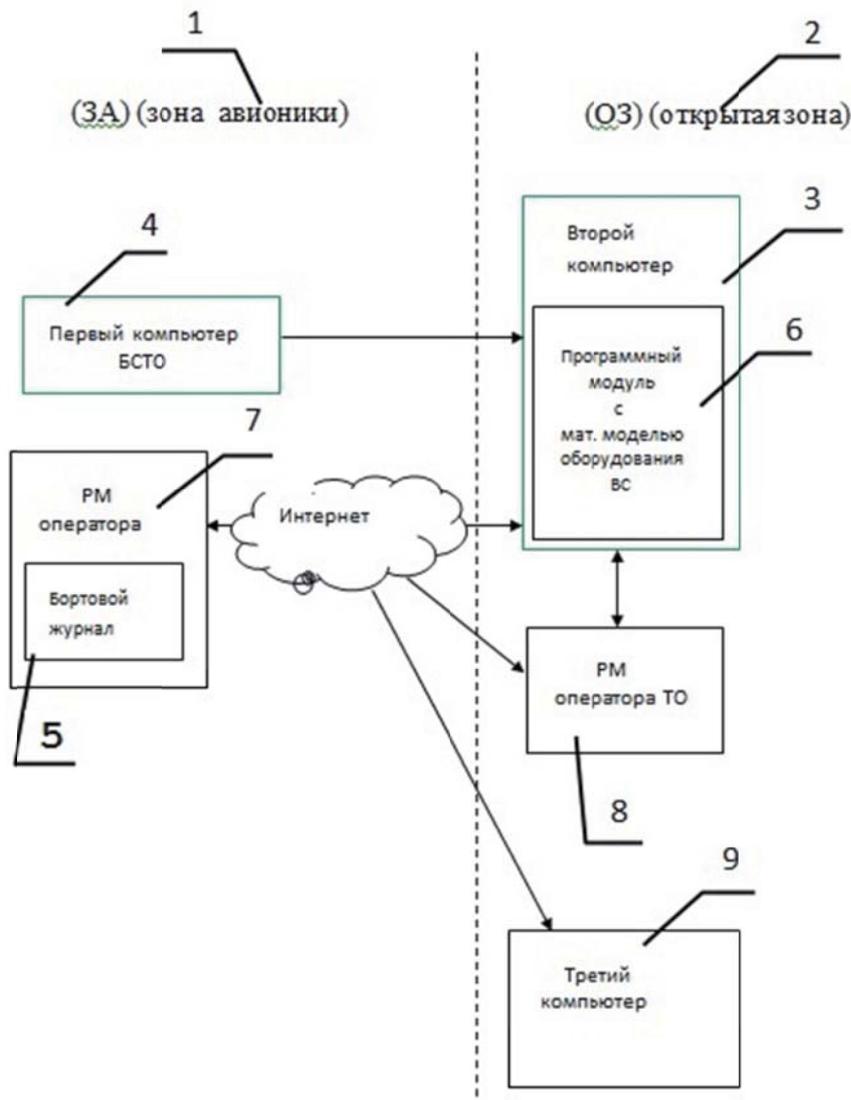


Рис. 3. Работа модифицированной компьютерной системы технического обслуживания:
 1 – зоне (ЗА) авионики; 2 – открытая зона (ОЗ); 3 – второй компьютер; 4 – первый компьютер;
 5 – бортовой журнал; 6 – программный модуль; 7 – рабочее место оператора ТО;
 8 – рабочее место оператора; 9 – третий компьютер

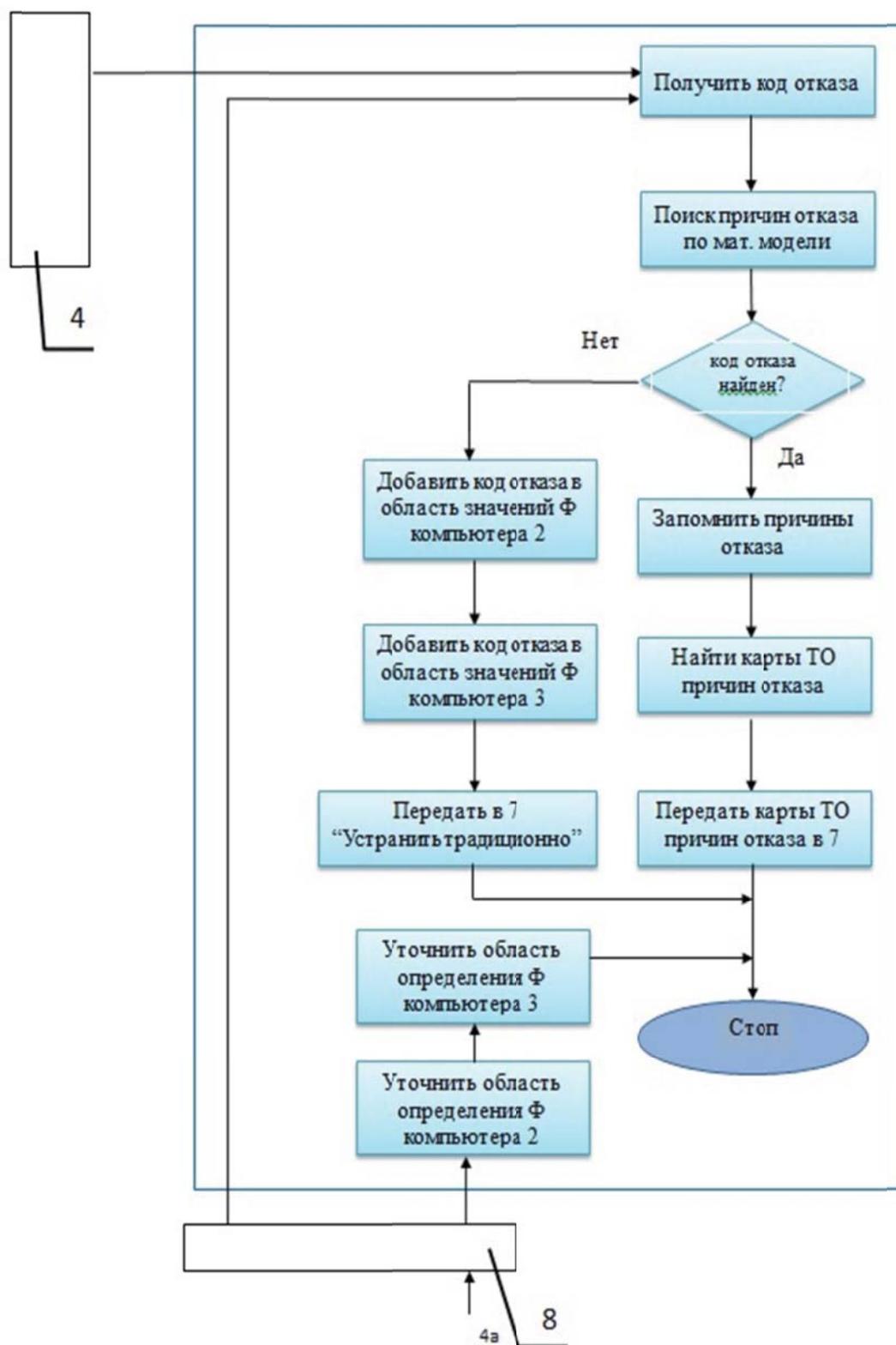


Рис. 4. Алгоритм поиска неисправности

ной сети Интернет направляет отчёт на рабочее место оператора 8 и в третий компьютер 9, для уточнения области определения функции Φ компьютера 2 и области определения функции Φ компьютера 3 математической модели обслуживания и алгоритма моделирования.

Наличие третьего компьютера 9 и его связь с оператором технического обслуживания 7 обеспечивает совершенствование математической модели в течение жизненного цикла самолёта и повышение глубины и точности поиска неисправных компонентов оборудования.

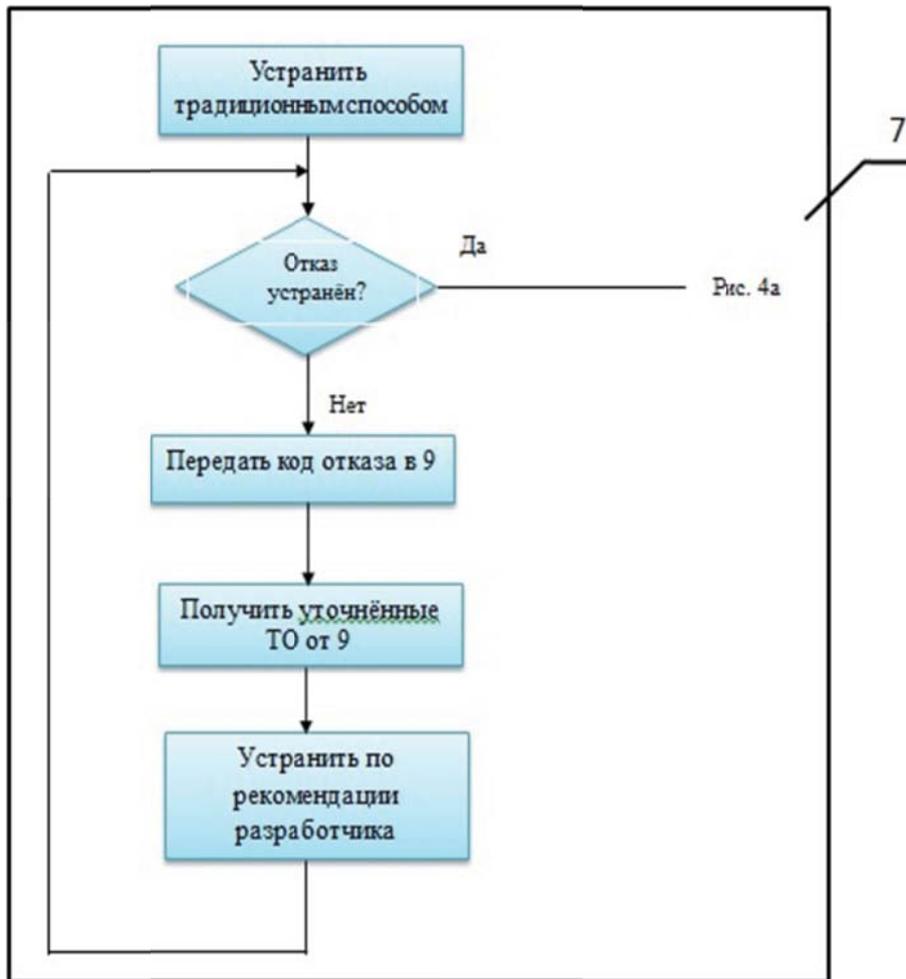


Рис. 4а. Алгоритм поиска неисправности

Применение системы позволит:

- не обращаться постоянно к иногда устаревшей (неактуальной) эксплуатационно-технической и ремонтно-технической документации (в бумажном или сканированном виде);
- максимально устранить необоснованные демонтажно-монтажные работы на борту;

- отказаться от последовательного перебора всех возможных причин при поиске неисправностей, что значительно сэкономит время;
- постоянно наращивать и актуализировать программный комплекс актуальной информацией по нахождению неисправностей в течение жизненного цикла парка самолётов.

INTELLECTUAL TROUBLESHOOTING SYSTEM BY PLANE

© 2018 O.V. Perfilov, S.G. Ryzhakov, V.A. Dolzhikov

Ulyanovsk Branch of the Design Bureau of PJSC «Tupolev»

The article presents an intelligent system for troubleshooting on board an aircraft, equipped with a network that is divided into a protected zone, called an avionics zone, and an open zone. The open zone software module contains a mathematical model of aircraft equipment, has the ability to enter failures into it, record its state, compare it with the entry in the logbook, generate a presentation of the electronic maintenance document pages and transfer them to the first computer when the mathematical model state matches the entry logbook.

Keywords: intelligent system, aircraft, troubleshooting

Oleg Perfilov, Ph.D., Design Engineer 2 cat.

E-mail: oleg_perfiliev@mail.ru

Stanislav Ryzhakov, Ph.D., Director.

Vladimir Dolzhikov, Vice-Director of ERANO.