

УДК 629.735.083.02/.06(045)

А.С. ЯКУШЕНКО, В.Е. МИЛЬЦОВ, В.Н. ОХМАКЕВИЧ, П.А. ВЛАСЕНКО

*Национальный авиационный университет, Киев, Украина***АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА КОНТРОЛЯ НАДЕЖНОСТИ ПАРКА ВОЗДУШНЫХ СУДОВ АВИАКОМПАНИЙ: БАЗА ДАННЫХ**

Проведен анализ информации, необходимой для работы автоматизированной системы контроля надежности авиационной техники на уровне авиакомпании, и сформирована общая схема информационного потока. Проведен выбор типа базы данных. В качестве основы для создания базы данных рекомендуется использовать мощную и бесплатную систему PostgreSQL. Разработана общая структура базы данных и схема взаимодействия таблиц в базе на основе архитектуры, использующей связывание таблиц по принципу мастер-таблица – подчиненная таблица. При этом учтены основные требования нормализации таблиц базы данных.

Ключевые слова: надежность, воздушное судно, автоматизированная система, нормализация базы данных, авиакомпания

1. Постановка проблемы

Одним из эффективных современным инструментом поддержки управления и оптимизации ремонтно-технической деятельности авиапредприятия является система управления надежностью функциональных систем и комплектующих изделий воздушных судов (ВС).

Общий контур управления надежностью ВС авиакомпании состоит со сбора, обработки данных и управляющих воздействий. Исходными данными для управления надежностью являются данные об отказах и неисправностях, выявленные пилотами и при ТО, информация про досрочное снятие компонентов с ВС, задержки и отмены рейсов, данные о прохождении ВС периодического ТО, параметры наработок основных изделий и компонентов ВС, данные о проведении периодических контролей и проверок. На основании этих данных проводится

оценка состояния надежности и контроль надежности авиационной техники (АТ), мониторинг, прогнозирование показателей надежности, анализ и контроль ресурсного состояния АТ и подготовка доказательной информации. Регулирование Программы ТО и Программы надежности эксплуатанта ВС проводится путем внесения необходимых изменений в программу технического обслуживания. Эти изменения направлены на повышение (сохранение) уровня надежности и уменьшение затрат на техническое обслуживание АТ, обеспечение заданного уровня летной пригодности и безопасности полетов.

В качестве исходной информации используются замечания летного или технического персонала, оформленные в виде карточке замечаний (так называемые Logpage), карточки снятия/установки агрегатов (приведенные на рис. 1), а также отчеты планово-диспетчерского отдела авиакомпании.

AIRLINES SERVICEABLE TAG		AIRLINES SERVICEABLE TAG	
Part Name: _____	P/N: _____ S/N: _____	Part Name: <u>HEADSET</u>	P/N: <u>1-200</u> S/N: <u>0405</u>
Vendor/Customer: _____	P.O./R.O.No: _____ <input type="checkbox"/> Exchange	Vendor/Customer: _____	P.O./R.O.No: <u>529</u> <input type="checkbox"/> Exchange
Airworthiness Tag No: _____ <input type="checkbox"/> ETOPS	Condition: <input type="checkbox"/> New <input type="checkbox"/> Repaired <input type="checkbox"/> Overhauled	Airworthiness Tag No: <u>12</u> <input type="checkbox"/> ETOPS	Condition: <input type="checkbox"/> New <input checked="" type="checkbox"/> Repaired <input type="checkbox"/> Overhauled
<input type="checkbox"/> Tested <input type="checkbox"/> Inspected <input type="checkbox"/> Serviceable	<input checked="" type="checkbox"/> Robbed from A/C: <u>UR-</u>	<input type="checkbox"/> Tested <input type="checkbox"/> Inspected <input type="checkbox"/> Serviceable	<input type="checkbox"/> Robbed from A/C: _____
TSN: _____ Manuf. Date: _____	TSO: _____ Last OH Date: _____	TSN: _____ Manuf. Date: _____	TSO: _____ Last OH Date: _____
TST: _____ Last Test Date: _____	TSR: _____ Last Rep. Date: _____	TST: _____ Last Test Date: _____	TSR: <u>0</u> Last Rep. Date: <u>04 Jul.</u>
Storage limit: <u>N/A</u>	Date: <u>11.1</u> Inspector: _____	Storage limit: <u>N/A</u>	Date: <u>12.6</u> Inspector: _____

Рис. 1. Пример заполнения карточки снятия/установки агрегатов

Исходя из вышеизложенного можно заключить, что схема автоматизированной системы контроля надежности должна включать следующие элементы: формирование и получение исходных данных; хранение исходных данных (база данных (БД)); программное обеспечение, обеспечивающее взаимодействие пользователя с базой данных посредством набора электронных форм для ввода информации и получения результатов анализа. Возможный вариант такой схемы приведен на рис.2.

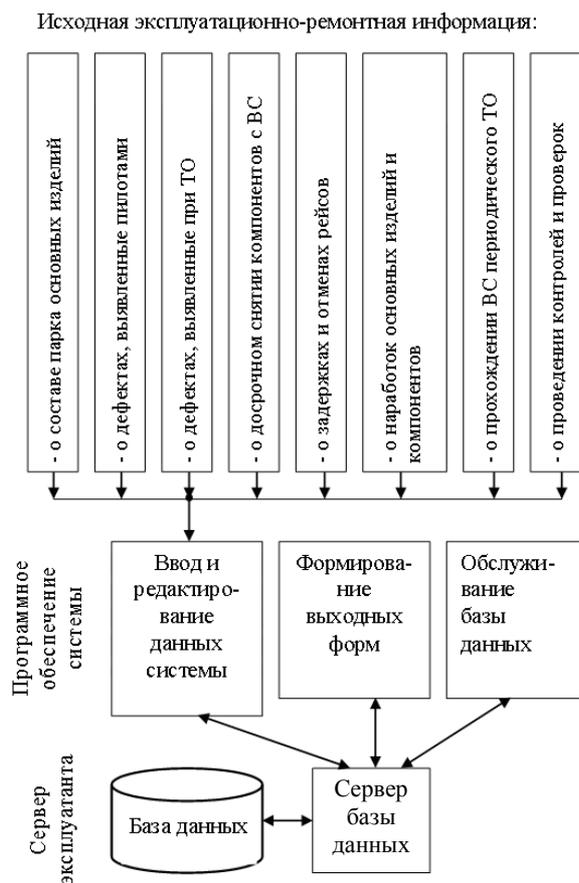


Рис. 2. Схема автоматизированной системы контроля надежности

2. Анализ исследований и публикаций

В многочисленных работах последних лет, таких как [1 – 4], посвященных вопросам создания автоматизированных систем значительное внимание уделено вопросам разработки методологии и методов контроля надежности, но недостаточно работ, посвященных вопросам разработки непосредственно программного обеспечения автоматизированных систем. Кроме того необходимо учитывать, что такие автоматизированные системы должны соответствовать требованиям международных и национальных органов (ИКАО, Государственный депар-

тамент авиационного транспорта Украины), а также разработчиков АТ. При этом требования и методики этих организаций постоянно совершенствуются и изменяются.

С учетом всего вышесказанного целью данной работы является рассмотрение вопросов, связанных с разработкой баз данных автоматизированной системы контроля надежности АТ на уровне авиакомпании.

3. Выбор базы данных

Разрабатываемая автоматизированная система рассчитанная на среднюю или большую авиакомпанию, которая имеет 5 и больше ВС. При таком количестве ПС поток событий (замечание экипажа, задержки рейсов, отказа компонентов, и т.п.) будет значительным и для введения данных об этих событиях необходимая работа нескольких операторов. С другой стороны для повышения оперативности формирования управляющих воздействий необходимо обеспечить прямой доступ всех заинтересованных сторон, которые имеют на это право, к результатам анализа состояния надежности авиакомпании. Это, в свою очередь диктует необходимо иметь возможность устанавливать права доступа и изменения информации в базах данных системы для каждого пользователя.

Все это указывает на необходимость разрабатывать программное обеспечение, которое базируется на использовании удаленной базы данных стандарта SQL (Structural Query Language). На сегодня существует несколько таких систем (FireBird, Oracle, Microsoft, PostgreSQL и др.).

Из всех перечисленных систем только PostgreSQL является объектно-реляционной системой управления базами данных с открытым кодом и которая является бесплатной даже для коммерческого использования. Возможности этой база данных намного превосходят потребности разрабатываемой автоматизированной системы.

Система управления базами данных PostgreSQL разрабатывается уже более чем 15 лет и имеет архитектуру, обеспечивающую надежность работы, целостность хранения и корректности обработки данных.

PostgreSQL имеет полную поддержку вторичных ключей, соединений электронных таблиц, триггеров, и хранимых процедур и обеспечивает большинство типов данных стандарта SQL:2008.

PostgreSQL имеет встроенные интерфейсы программирования для C/C++, Java, .Net, Perl.

PostgreSQL поддерживает международные наборы символов, многобайтное кодирование символа, Unicode.

Существующие на сегодня ограничения системы PostgreSQL приведено в табл. 1.

Таблица 1
Ограничения системы PostgreSQL

Ограничение	Значение
Максимальный размер базы данных	Неограниченно
Максимальный размер электронной таблицы	32 TB
Максимальный размер записи	1.6 TB
Максимальный размер поля	1 GB
Максимальное количество записей в таблице	Неограниченно
Максимальное количество полей в таблице	250 - 1600 в зависимости от типов полей
Максимальное количество индексов в таблице	Неограниченно

Исходя из всего изложенного система управления базами данных PostgreSQL может быть рекомендована как основа для разработки автоматизированной системы.

4. Требования к структуре базы данных

Проектирование реляционной БД заключается главным образом в разработке структуры данных, т. е. в определении состава таблиц и связей между ними. При этом структура должна быть эффективной и обеспечивать:

- быстрый доступ к данным;
- отсутствие дублирования данных;
- целостность данных.

Хранимая в базе данных информация должна быть структурирована и разделена на части, хранимые в отдельных таблицах базы данных. При этом отдельные таблицы должны быть связаны между собой и между таблицами возникают отношения типа мастер-таблица и ведомая таблица. Существуют следующие отношения между таблицами [5]:

– отношение *"один-к-одному"* означает, что одной записи в главной таблице соответствует одна запись в подчиненной таблице;

– отношение *"один-ко-многим"* означает, что одной записи главной таблицы в подчиненной таблице может соответствовать несколько записей, в том числе ни одной;

– отношение *"мноغو-к-одному"* отличается от отношения *"один-ко-многим"* только направлением. Если на отношение *"один-ко-многим"* посмотреть со

стороны подчиненной таблицы, а не главной, то оно превращается в отношение *"мноغو-к-одному"*;

– отношение *"мноغو-ко-многим"* имеет место, когда одной записи главной таблицы может соответствовать несколько записей подчиненной таблицы и одновременно одной записи подчиненной таблицы — несколько записей главной таблицы.

Анализ приведенной на рис. 2 схемы показывает, что наиболее целесообразно использовать отношение *"один-ко-многим"*. Исключением является таблица отмен рейсов.

При проектировании БД необходимо провести ее нормализацию, заключающуюся в уменьшения избыточности информации. Выделяют следующую последовательность нормальных форм: первая нормальная форма; вторая нормальная форма; третья нормальная форма.

Таблица, приведенная к первой нормальной форме, должна соответствовать следующим требованиям: поля содержат неделимую информацию; в таблице отсутствуют повторяющиеся группы полей.

Ко второй нормальной форме предъявляются следующие требования: таблица должна удовлетворять требованиям первой нормальной формы; любое не ключевое поле должно однозначно идентифицироваться ключевыми полями.

Требования третьей нормальной формы: таблица должна удовлетворять требованиям второй нормальной формы; ни одно из не ключевых полей не должно однозначно идентифицироваться значением другого не ключевого поля (полей).

5. Структура базы данных

Анализ схемы на рис. 2 позволяет сформировать следующие таблицы, отвечающие всем требованиям нормализации данных:

– типы ВС авиакомпании и их характеристика;

– состав парка основных изделий. Таблица является подчиненной по отношению к таблице типов ВС;

– события, имевшие место на ВС и закончившиеся заполнением летным или техническим персоналом карточек Logpage. Таблица является подчиненной по отношению к таблице состава парка;

– детальное описание события, содержащее данные об отказах, неисправностях и их устранении. Таблица является подчиненной по отношению к таблице событий;

– отложенное техническое обслуживание. Таблица является подчиненной по отношению к таблице детального описания события;

– задержки рейса. Таблица является подчиненной по отношению к таблице событий;

– отмена рейса. Таблица является подчиненной по отношению к таблице событий и соединена с ней по отношению один к одному;

– прохождении ВС периодического ТО. Таблица является подчиненной по отношению к таблице состава парка.

– параметры наработок основных изделий и компонентов ВС. Таблица является подчиненной по отношению к таблице состава парка.

– периодический контроль и проверки. Таблица является подчиненной по отношению к таблице состава парка.

Предлагаемая схема взаимодействия таблиц в базе данных системы контроля надежности на уровне авиакомпании приведена на рис. 3.

Кроме того база данных должна включать ряд кодификаторов и классификаторов, являющихся мастер-таблицами для остальных таблиц.



Рис. 3. Схема взаимодействия таблиц в базе данных системы контроля надежности на уровне авиакомпании (стрелкой обозначена связь таблиц мастер-таблица – подчиненная таблица)

Выводы

Проведен анализ информационных потоков в автоматизированной системе контроля надежности АТ на уровне авиакомпании, проведен обоснованный выбор системы управления базой данных и разработана общая схема взаимодействия таблиц в базе данных.

Данная работа является первой в серии работ посвященных вопросам создания компьютерной системы контроля надежности сложных технических систем.

Литература

1. Кучер, О.Г. Контроль та аналіз стану надійності систем і агрегатів повітряних суден в експлуатації / О.Г. Кучер, П.О. Власенко // Наукоємні технології. – 2010. – № 1. – С. 15 – 26.
2. Кучер, О.Г. Експлуатаційна надійність авіаційних двигунів. Її контроль та аналіз в авіакомпанії / О.Г. Кучер, П.О. Власенко // Авіаційно-космічна техніка і технологія. – 2011. – № 9 (86). – С. 108 – 115.
3. Кучер, О.Г. Модель експлуатаційної надійності повітряних суден / О.Г. Кучер, П.О. Власенко // Наукоємні технології. – 2010. – № 2. – С. 10 – 17.
4. Кучер, О.Г. Порівняльний аналіз показників надійності і ефективності іноземної та вітчизняної техніки / О.Г. Кучер, П.О. Власенко // Наукоємні технології – 2009. – № 2. – С. 9-17.
5. Хоменко, А.Д. Работа с базами данных в Delphi / А.Д. Хоменко, В.Э. Гофман. – СПб.: БХВ-Петербург, 2005. – 640 с.

Поступила в редакцию 16.05.2012

Рецензент: д-р техн. наук, профессор кафедры авиационных двигателей НАУ Ю.М. Терещенко, Национальный авиационный университет, Киев.

**АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА КОНТРОЛЮ
НАДІЙНОСТІ ПАРКУ ПОВІТРЯНИХ СУДЕН АВІАКОМПАНІЇ: БАЗА ДАНИХ**

О.С. Якушенко, В.Є. Мільцов, В.М. Охмакевич, П.О. Власенко

Проведено аналіз інформації, необхідної для роботи автоматизованої системи контролю надійності авіаційної техніки на рівні авіакомпанії, і сформована загальна схема інформаційних потоків. Проведено вибір типу бази даних. Як основу для створення бази даних рекомендується використати потужну й безкоштовну систему PostgreSQL. Розроблено загальну структуру бази даних і схему взаємодії таблиць у базі на основі архітектури, що використовує зв'язування таблиць за принципом майстер-таблиця – залежна таблиця. При цьому враховані основні вимоги нормалізації таблиць бази даних.

Ключові слова: надійність, повітряне судно, автоматизована система, нормалізація бази даних, авіакомпанія/

**COMPUTER SYSTEM
OF AIRLINE'S AIRCRAFT PARK RELIABILITY MONITORING: DATABASE**

A.S. Yakushenko, V.E. Miltsov, V.N. Ohmakevich, P.A. Vlasenko

The analysis of the information which is necessary for aircraft reliability monitoring computer system operation is carried out. General diagram of information streams is created. The choice of a database type is fulfilled. As a basis for database creation it is recommended to use powerful and free system PostgreSQL. The general database structure and the diagram of tables relation in the base with tables linkage of kind master table – the detail table is developed. The basic requirements of database tables normalization are considered.

Key words: reliability, aircraft, computer software, database normalization, airline/

Якушенко Александр Сергеевич – канд. тех. наук, старш. научн. сотрудник, старш. научн. сотрудник кафедры авиационных двигателей, Национальный авиационный университет, Киев, Украина, e-mail: yuysss@mail.ru.

Мильцов Владимир Евгеньевич – научн. сотрудник кафедры авиационных двигателей, Национальный авиационный университет, г.Киев, Украина, e-mail: miltsov@ukr.net.

Охмакевич Валерий Николаевич – научн. сотрудник кафедры авиационных двигателей, Национальный авиационный университет, г.Киев, Украина, e-mail: voxm@mail.ru.

Власенко Павлина Александровна – аспирант кафедры технологии аэропортов, Национальный авиационный университет, г.Киев, Украина, e-mail: pavlino4ka@yandex.ru.