

УДК 629.735.015:004.9

## ИНТЕРАКТИВНАЯ СИСТЕМА СБОРА ДАННЫХ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ КОМПОНЕНТОВ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ

© 2012 А. К. Благоразумов, И. Г. Кирпичев

Федеральное государственное унитарное предприятие Государственный научно-исследовательский институт гражданской авиации, Москва

Предложена интернет-система ввода данных технического состояния компонентов воздушных судов в Информационно-аналитическую систему мониторинга лётной годности воздушных судов (ВС), актуальная для региональных перевозчиков и эксплуатантов авиации общего назначения, не имеющих своей информационно-управляющей системы сопровождения эксплуатации авиационной техники.

*Компоненты ВС, техническое состояние, ресурсы, наработки, жизненный цикл, аутентичность, лётная годности.*

### Введение

Для эффективной оценки технического состояния воздушных судов в задачах государственного контроля лётной годности необходима организация и внедрение системы мониторинга жизненного цикла компонентов ВС. Использование результатов мониторинга снизит трудоёмкость инспекционного контроля ВС, что в условиях ограниченного штата инспекторов и существующей практики выборочного контроля повысит эффективность их работы и объективность принимаемых решений, способствуя повышению безопасности полётов [1-3].

В последние годы разработчики и изготовители авиационной техники прилагают усилия по разработке и внедрению систем послепродажного обслуживания проектируемой и производимой техники, обеспечивающих контроль жизненного цикла компонентов ВС [4,5]. Однако, в настоящее время значительную часть парка эксплуатируемых ВС составляет стареющая техника, учёт жизненного цикла которой изначально вёлся на бумажных носителях, причём часть информации была утеряна [1]. Об этом свидетельствует статистика проводимой ГосНИИ ГА выверки пономерной документации: изготовители компонентов ВС не отвечают на 53% запросов, а на основании 23% полученных ответов компоненты ВС признаются "неутверждёнными", в основном по причине

фальсификации пономерной документации [6].

Задача мониторинга жизненного цикла компонентов современных и стареющих типов ВС решается разработанной в ГосНИИ ГА Информационно-аналитической системой мониторинга лётной годности воздушных судов (ИАС МЛГ ВС). Центральная база данных (ЦБД) ИАС МЛГ ВС ежедневно пополняется данными технического состояния компонентов ВС из информационно-управляющих систем (ИУС) эксплуатантов, организаций по ТОиР, поставщиков АТИ и заводов-изготовителей АТ. В 32-х авиакомпаниях функции ИУС выполняет программный модуль "Эксплуатант" ИАС МЛГ ВС, что позволяет полностью автоматизировать процесс передачи и импорта данных в ЦБД [7]. Остальные авиакомпании решают свои производственные задачи с помощью другого программного обеспечения (ПО), передавая данные в обменных файлах регламентированного формата.

### Проблемы несоблюдения формата передаваемых данных

97% обменных файлов, получаемых техническим оператором ИАС МЛГВ ВС - Информационно-аналитическим центром (ИАЦ) ГосНИИ ГА, имеют формат Microsoft Excel, из которых большая часть отредактирована эксплуатантами вручную, с несоблюдением формата рекомендованного

шаблона (табл. 1), что делает невозможным автоматический импорт данных в ЦБД ИАС МЛГ ВС и обуславливает необходимость проверки всех файлов, и в каждом четвёртом случае выполнения трудоёмких работ по

корректировке таблиц, содержащих либо величины в некорректных форматах и единицах измерения, либо по несколько величин в одном поле.

Таблица 1. Статистика по форматам обменных файлов (апрель 2012г.)

Соответствие обменного файла рекомендованному шаблону	Доля, %
Данные в правильном формате, файл соответствует шаблону	10
Данные в правильном формате, файл не соответствует шаблону	62
Данные в неправильном формате	25
Отсутствуют необходимые данные	3

При невозможности однозначного интерпретирования или отсутствия части данных у эксплуатанта запрашиваются повторные данные. За время между запросами наработки компонентов увеличиваются, что усложняет их актуализацию. Кроме того, вынужденная необходимость форматирования сотрудниками ГосНИИ ГА предоставляемых эксплуатантами данных не позволяет разграничить ответственность за их достоверность.

Эксплуатанты, ведущие учёт состояния компонентов в своих ИУС, экспортируют обменные файлы фиксированного формата с данными, полнота и достоверность которых обеспечивается ИУС. Такие файлы не нуждаются в ручном редактировании, а в случае необходимости их формат может быть изменён разработчиками ИУС.

Основные проблемы возникают при получении данных от эксплуатантов, по каким-либо причинам не внедривших полнофункциональную ИУС и ведущих учёт состояния компонентов в Microsoft Excel или подобном ПО. Как показал опыт, при ручном заполнении обменных файлов принципиально невозможно обеспечить их соответствие шаблону. Попытки защиты предоставляемого эксплуатантам шаблона от модификации и попытки встраивания в него программного кода контроля формата вводимых данных не увенчались успехом, так как установленные ограничения

обходились копированием и вставкой шаблона в новый файл Excel.

#### **Решение проблем передачи данных эксплуатантами, не использующими ИУС**

Анализ вышеописанных проблем показал, что повысить эффективность ввода данных в ИАС МЛГ ВС можно, предложив эксплуатантам, не использующим ИУС, принципиально иной, по сравнению с заполнением файлов Excel, способ учёта состояния компонентов ВС, реализующий программный контроль полноты данных по формализованным правилам на стороне эксплуатанта. Исключение влияния человеческого фактора и сокращение задержки в петле обратной связи логического контроля повысит достоверность данных, а их импорт в ЦБД без предварительного редактирования операторами ИАС МЛГ ВС устранил неоднозначность в определении несущего ответственность за достоверность данных.

Новая система, обеспечивающая ввод, редактирование и логический контроль данных, должна быть лишена недостатков, не позволивших эксплуатанту внедрить ИУС. Её потенциальными пользователями являются эксплуатанты, имеющие измеряемый единицами парк ВС и, соответственно, малый штат сотрудников, из-за чего приобретение ИУС было для них экономически нецелесообразным, а её внедрение и освоение – затруднительным по причине отсутствия в штате достаточного

количества специалистов по информационным технологиям.

На основании вышеизложенного были сформулированы основные требования к новой системе, без выполнения которых невозможно её успешное внедрение:

1) отсутствие необходимости приобретения и лицензирования какого-либо ПО;

2) простота установки, конфигурирования и обновления;

3) простота освоения и использования.

Анализ современных принципов построения и разработки ПО показал, что оптимальным решением поставленной задачи является реализация системы в виде веб-приложения – программного кода,

размещаемого на веб-сервере и исполняемого в браузере (программе просмотра веб-сайтов) пользователя (рис. 1). Действительно, браузеры предустановлены на каждом компьютере, а для запуска веб-приложения его не надо ни устанавливать, ни конфигурировать – достаточно ввести в браузере адрес сервера. Обновление веб-приложения производится прозрачно для пользователя: при очередном обращении к серверу браузер сам скачивает и запускает обновлённый программный код. Современные языки веб-программирования дают возможность сделать веб-приложение похожим на привычное офисное ПО, что позволяет всем имеющим навыки работы с Microsoft Excel освоить новую систему без дополнительного обучения.



Рис. 1. Принцип работы веб-приложения

Единственным недостатком веб-приложения является невозможность функционирования при отсутствии подключения к интернету, но с течением времени количество рабочих мест без доступа к интернету неуклонно сокращается.

### Реализация системы ввода и редактирования данных

Разработанная в ИАЦ ГосНИИ ГА система ввода данных состояния компонентов ВС основана на веб-сервере, взаимодействующем с браузерами пользователей и сервером ЦБД ИАС МЛГ ВС (рис. 1). Физически серверы размещены в центре обработки данных ИАЦ ГосНИИ ГА. В качестве программной платформы была выбрана работающая на операционной системе GNU/Linux среда разработки Ruby-on-Rails, выгодно отличающаяся быстротой

разработки, лаконичностью программного кода и удобством отладки.

Для предотвращения искажения обрабатываемых данных по причине нарушения целостности кода веб-приложения, вызванного кэшированием устаревших фрагментов кода в браузерах и прокси-серверах при модернизации веб-приложения, был применён описанный в [8] метод.

По опыту технической поддержки ИАС МЛГ ВС было известно, что часть эксплуатантов отправляет обменные файлы, подключаясь к интернету через сотовые модемы. Такой способ подключения может оказаться единственным доступным для региональных перевозчиков и эксплуатантов авиации общего назначения, в связи с чем при разработке веб-приложения особое внимание было уделено минимизации

требуемого для работы объёма интернет-трафика, осуществляемой посредством:

- оптимизации алгоритма сохранения данных (передачи только изменений);
- сокращения HTTP-запросов за счёт объединения Javascript и CSS-файлов;
- рефакторинга и оптимизации Javascript и CSS-файлов программой "YUI Compressor";
- настройки на сервере модуля gzip-сжатия передаваемого трафика "на лету".

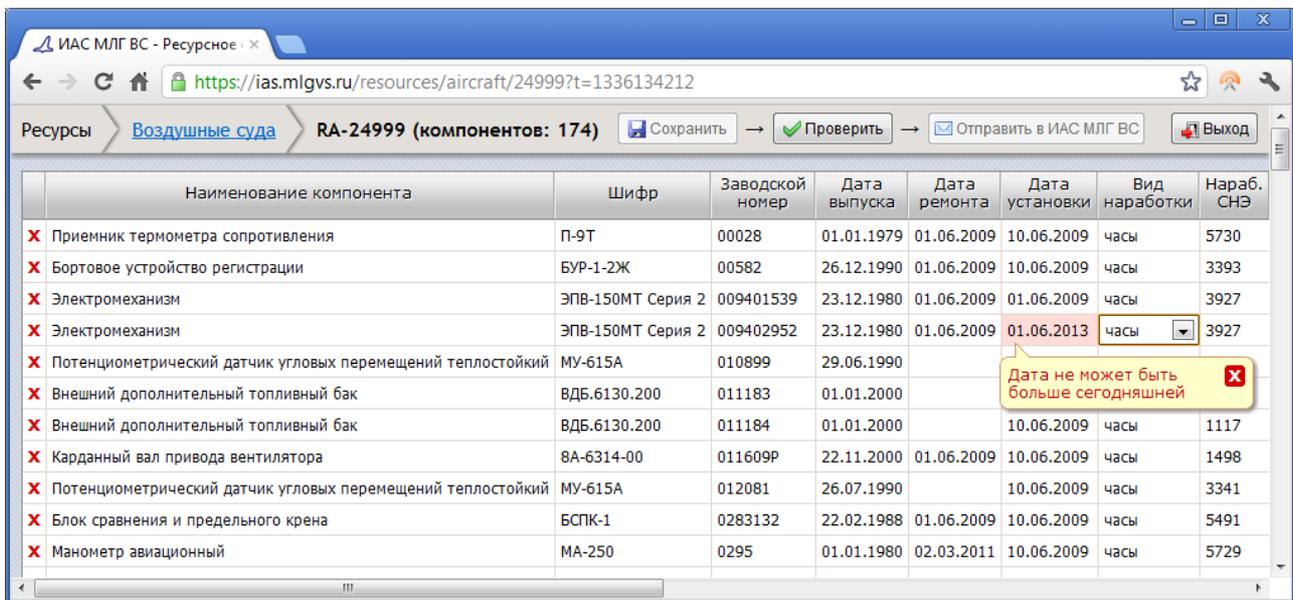
В результате проведённой оптимизации загрузка кода веб-приложения, ввод, проверка и сохранение по 20 параметров для каждого из 900 компонентов (шесть вертолётов Ми-8) потребовали всего 700 КБайт трафика, что меньше, чем, к

примеру, требуется для загрузки страницы отправки SMS сайта mts.ru. Столь низкие требования к пропускной способности интернет-канала делают возможной работу с системой отовсюду, где доступна сотовая связь.

Разработанное веб-приложение содержит две страницы (экранные формы):

- 1) выбора ВС (с возможностью добавить новое ВС, указав его тип и бортовой номер);
- 2) ввода и редактирования данных всех компонентов выбранного ВС.

Страница ввода и редактирования данных имеет вид листа Microsoft Excel, в котором каждому компоненту ВС соответствует одна строка (рис. 2).



Наименование компонента	Шифр	Заводской номер	Дата выпуска	Дата ремонта	Дата установки	Вид наработки	Нараб. СНЭ
Приемник термометра сопротивления	П-9Т	00028	01.01.1979	01.06.2009	10.06.2009	часы	5730
Бортовое устройство регистрации	БУР-1-2Ж	00582	26.12.1990	01.06.2009	10.06.2009	часы	3393
Электромеханизм	ЭПВ-150МТ Серия 2	009401539	23.12.1980	01.06.2009	01.06.2009	часы	3927
Электромеханизм	ЭПВ-150МТ Серия 2	009402952	23.12.1980	01.06.2009	01.06.2013	часы	3927
Потенциометрический датчик угловых перемещений теплостойкий	МУ-615А	010899	29.06.1990				
Внешний дополнительный топливный бак	ВДБ.6130.200	011183	01.01.2000				
Внешний дополнительный топливный бак	ВДБ.6130.200	011184	01.01.2000		10.06.2009	часы	1117
Карданный вал привода вентилятора	8А-6314-00	011609Р	22.11.2000	01.06.2009	10.06.2009	часы	1498
Потенциометрический датчик угловых перемещений теплостойкий	МУ-615А	012081	26.07.1990		10.06.2009	часы	3341
Блок сравнения и предельного крена	БСПК-1	0283132	22.02.1988	01.06.2009	10.06.2009	часы	5491
Манометр авиационный	МА-250	0295	01.01.1980	02.03.2011	10.06.2009	часы	5729

Рис. 2. Страница ввода и редактирования данных

Количество и наименование столбцов можно сделать различным в зависимости от типа ВС, адаптировав экранную форму под специфику ВС иностранного производства.

Новые строки можно добавлять щелчком мыши по нижней пустой строке и удалять щелчком по крестику в левом поле. Полосы прокрутки сдвигают только таблицу с заголовком (по горизонтали) и содержимое таблицы без заголовка (по вертикали), что обеспечивает постоянное присутствие на экране таблицы и верхнего меню.

### Логический контроль вводимых данных

Основное преимущество разработанной системы по сравнению с Excel заключается в её интерактивности – способности вести диалог с пользователем, указывая ему на ошибки ввода данных и давая рекомендации по их исправлению. Ошибки можно разделить на две группы:

- 1) отсутствие данных в обязательном к заполнению поле или несоответствие формату;
- 2) отсутствие или противоречивая избыточность данных в логически связанных полях.

Ошибки первой группы редактирования поля, признаком чего предотвращаются ограничением служит нажатие клавиш <Enter>, <Tab> или допустимого формата данных (табл. 2) или щелчок вне границ поля. обнаруживаются сразу после завершения

Таблица 2. Форматы полей таблицы состояния компонентом ВС

Формат	Поля таблицы	Накладываемые ограничения
Текстовый	Наименования компонентов, шифры, заводские номера	Допускается ввод любых символов. Определённые поля не должны оставаться пустыми
Числовой	Величины ресурсов и наработок	Удаление всех символов, кроме цифр при завершении редактирования поля
Список	Виды наработок, статус документа, метод эксплуатации	Предоставляется только возможность выбора элемента из предложенного списка
Дата	Даты выпуска, ремонта, установки	Ввод цифр по шаблону "дд.мм.гггг". При копировании/вставке разделители заменяются на ".", год пересчитывается в 4-х значный

Ошибки второй группы можно обнаружить только после заполнения всех полей. Для исключения ложных сообщений об ошибках, вызванных незавершённостью процесса ввода, контроль полей на ошибки второй группы производится только по нажатию кнопки меню. Целью этого контроля является лишь гарантия полноты и непротиворечивости данных, передаваемых

в ИАС МЛГ ВС для последующего многокритериального логического контроля, поэтому проверка выполняется по ограниченному набору правил (табл. 3). По завершению проверки отображается окно с количеством ошибок, а поля с ошибочными данными подсвечиваются красным цветом. При наведении на них мышью всплывает окно с пояснением ошибки.

Таблица 3. Правила контроля взаимосвязанных полей

Условия	Контролируемые поля
Введена наработка с начала эксплуатации	Должен быть указан вид наработки
Введена наработка с начала эксплуатации и метод эксплуатации, отличный от ТЭО	Должен быть введён назначенный или межремонтный ресурс
Введена наработка после последнего ремонта	Должна быть указана дата ремонта
Введена наработка после последнего ремонта и метод эксплуатации, отличный от ТЭО	Должен быть введён межремонтный ресурс
Не указана дата ремонта	Не должно быть наработки после последнего ремонта

Порядок действий по редактированию, проверке и отправке данных в ИАС МЛГ ВС подсказывается пользователю последовательностью расположения кнопок в меню страницы (рис. 2). Чтобы пользователь лучше ориентировался, на каком этапе этой последовательности он сейчас находится, неактуальные в данный момент кнопки отображаются неактивными.

### Заключение

Описанная система разрабатывалась с целью замены процедур ручного заполнения обменных файлов формата Excel с последующей отправкой по электронной почте или загрузкой через веб-сайт, и по сравнению с ними обеспечивает:

- гарантированную полноту и непротиворечивость данных;
- бóльшую оперативность получения достоверных данных;
- исключение трудозатрат на импорт данных в ЦБД ИАС МЛГ ВС;
- исключение возможности искажения данных операторами ИАС МЛГ ВС.

На протяжении четырёх месяцев система проходила опытную эксплуатацию с участием ФГУП "Международный аэропорт "Оренбург", ЗАО "Авиакомпания "Полет", ЗАО "Авиакомпания "Сокол", ОАО "Костромское авиапредприятие", ООО "Авиакомпания "АгроСервис" и ООО "Авиакомпания "Вертикаль-Т", по результатам которой были получены предложения по дальнейшему совершенствованию системы, которое предполагается проводить в направлениях:

- добавления функционала разноса наработок (синхронного увеличения наработок в часах, посадках, циклах или запусках для всех установленных на ВС компонентов);
- добавления функции выгрузки введённых в веб-интерфейсе данных в файл для возможности их дальнейшего использования в электронном виде в локальных задачах эксплуатанта.

### Библиографический список

1. Кирпичев, И.Г. Метод параллельного инжиниринга контроля летной годности компонентов воздушных судов [Текст] / И.Г. Кирпичев // Научный вестник МГТУ ГА. – 2005. – №84(2). – С. 30–34.
2. Кирпичев, И.Г. Мониторинг жизненного цикла компонентов ВС в задачах оптимизации экспертной системы контроля летной годности компонентов ВС [Текст] / И.Г. Кирпичев // Научный вестник МГТУ ГА. – 2005. – №84(2). – С. 108–114.
3. Кирпичев, И.Г. Система мониторинга жизненного цикла компонентов воздушных судов в задачах сертификации экземпляра ВС [Текст] / И.Г. Кирпичев // Научный вестник МГТУ ГА. – 2006. – №100. – С. 12–15.
4. Гришин, А.Н. Самолеты семейства Ту-204 на рынке авиационных перевозок. Основные проблемы и перспективы их эксплуатации [Текст] / А.Н. Гришин, С.В. Диогенов, И.А. Самойлов, А.В. Семин, Ю.М. Фейгенбаум, М.А. Халенков // Научный вестник МГТУ ГА. – 2011. – №163. – С. 30–40.
5. Давлетов, Р.М. Основные цели и задачи, обеспечивающие функционирование комплексной системы разработчика и изготовителя самолета по поддержанию летной годности для самолетов типа Ту–214 на этапе эксплуатации [Текст] / Р.М. Давлетов, А.А. Ефимов // Научный вестник МГТУ ГА. – 2009. – №141. – С. 49–54.
6. Бронников, П.Н. Анализ взаимодействия Информационно-аналитического центра ГосНИИ ГА с предприятиями-изготовителями авиационной техники в рамках работ по оценке аутентичности компонентов ВС [Текст] / П.Н. Бронников, Д.В. Давыдкин, А.А. Юскин // Научный вестник ГосНИИ ГА. – 2011. – №1. – С. 144–149.
7. Благоразумов, А.К. Автоматизация информационного обмена в Информационно-аналитической системе мониторинга лётной годности воздушных судов [Текст] / А.К. Благоразумов, И.Г. Кирпичев // Научный вестник МГТУ ГА. – 2011. – №163. – С. 204–209.
8. Кирпичев, И.Г. Обеспечение корректной работы веб-приложений в

условиях кэширования [Текст] / И.Г. вестник ГосНИИ ГА. – 2011. – №1. – С. 161–  
Кирпичев, А.К. Благоразумов // Научный 168.

## THE INTERACTIVE SYSTEM FOR COLLECTING DATA OF TECHNICAL CONDITION OF AIRCRAFT COMPONENTS

© 2012 A. K. Blagorazumov, I. G. Kirpichev

State Scientific Research Institute of Civil Aviation, Moscow

The paper presents an Internet-based system developed to collect data of technical condition of aircraft components from aircraft operators that do not use information systems with the ability to export the data.

*Aircraft components, technical condition, resources, life cycle, authenticity, airworthiness.*

### Сведения об авторах

**Благоразумов Андрей Кириллович**, начальник группы Информационно-аналитического центра, Государственный научно-исследовательский институт гражданской авиации. E-mail: [blagorazumov@mlgvs.ru](mailto:blagorazumov@mlgvs.ru). Область научных интересов: информационные технологии.

**Кирпичев Игорь Геннадьевич**, доктор технических наук, заместитель генерального директора - директор Информационно-аналитического центра, Государственный научно-исследовательский институт гражданской авиации, эксперт Межгосударственного авиационного комитета. E-mail: [kirpichev@mlgvs.ru](mailto:kirpichev@mlgvs.ru). Область научных интересов: информационные системы, сопровождение технической эксплуатации авиационной техники.

**Blagorazumov Andrey Kirillovich**, Head of group of State Scientific Research Institute of Civil Aviation. E-mail: [blagorazumov@mlgvs.ru](mailto:blagorazumov@mlgvs.ru). Area of research: Information technology.

**Kirpichev Igor Gennadievich**, Doctor of technical sciences, Depity director of State Scientific Research Institute of Civil Aviation. E-mail: [kirpichev@mlgvs.ru](mailto:kirpichev@mlgvs.ru). Area of research: Information systems of aircraft operation.