

УДК 658.012.011

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ И ПУТИ СОЗДАНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ИСПЫТАНИЯМИ АВИАЦИОННОЙ ТЕХНИКИ

В.М. ВЕТОШКИН¹, П.С. ГОРШКОВ¹, А.Б. ЖОЛОБОВ²

¹ООО «Экспериментальная мастерская НаукаСофт», г. Москва, Россия

²ООО «Научно-производственный концерн «Штурмовики Сухого», г. Москва, Россия

Разработка новых и модернизация существующих образцов авиационной техники (ОАТ) различных классов сопровождаются и завершаются сложнейшими процессами их наземных и летных испытаний. Эта стадия жизненного цикла авиационных изделий реализуется организационно-техническими системами – испытательными центрами. Последние включают в свой состав различные полигоны, измерительные комплексы и системы, летательные аппараты, корабли, комплексы обеспечения безопасности и управления полетами, пункты и лаборатории обработки информации и многие другие элементы. Представлены результаты системного анализа проблем создания автоматизированных систем управления (АСУ) испытаниями авиационной техники (ИАТ) в виде автоматизированного банка данных. Обосновывается ключевая роль разработки АСУ летными экспериментами в ходе создания АСУ ИАТ. Обосновывается путь интеграции мобильных модульных измерительных комплексов М²ИК и необходимость отечественных методологий и технологических стандартов концептуального проектирования систем баз данных. Система базы данных (СБД), являясь центральным системообразующим элементом в рассматриваемой схеме, обеспечивает накопление, сохранение и обновление значений, описанных выше элементов в темпе и соответствии с необходимой частотой слежения за состояниями объекта управления. Именно СБД обеспечивает орган управления актуальными данными, соответствующими конкретным моментам времени, о состоянии процессов, оценках хода и результатов летных экспериментов, создавая необходимую развивающую среду для управления испытаниями ОАТ в целом. Основой разработки подсистем АСУ ИАТ являются процессы концептуального проектирования соответствующих СБД, эффективность реализации которых в основном и определяет уровень успешности и способности к развитию создаваемых систем. Представленные выводы и предложения могут быть использованы при формировании направлений научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, обеспечивающих ускоренную разработку АСУ ИАТ на базе концептуальных моделей СБД ее подсистем.

Ключевые слова: испытания авиационной техники; организационно-техническая система; единое информационное пространство; летный эксперимент; автоматизированная система управления; система баз данных; концептуальная модель данных.

ВВЕДЕНИЕ

Разработка новых и модернизация существующих образцов авиационной техники (ОАТ) различных классов сопровождаются и завершаются сложнейшими процессами их наземных и летных испытаний. Эта стадия жизненного цикла (ЖЦ) авиационных изделий реализуется организационно-техническими системами (ОТС) – испытательными центрами (ИЦ). Последние включают в свой состав различные полигоны, измерительные комплексы и системы, летательные аппараты, корабли, комплексы обеспечения безопасности и управления полетами, пункты и лаборатории обработки информации и многие другие элементы. Функционирование каждого элемента ИЦ и всего центра в целом, представляет собой согласованную целенаправленную деятельность широкого круга высококвалифицированных специалистов, реализующих различные виды обеспечения испытаний (материально-техническое, метрологическое, методическое и др.), непосредственную организацию и планирование, техническую подготовку и эксплуатацию испытываемых ОАТ, разработку полетных заданий (летных экспериментов – ЛЭ), выполнение полетов, а также эксплуатацию и применение измерительных комплексов, обработку результатов экспериментов и оформление требуемой документации.

Многие исследователи и практики в области испытаний авиационной техники (ИАТ) отмечают сохраняющуюся до сих пор актуальность и высокую степень сложности автоматизации

ее процессов [1]. Далее кратко представим результаты выполненного авторами системного анализа проблем и направлений создания АСУ ИАТ.

ТРУДНОСТИ, НАПРАВЛЕНИЯ, ОЧЕРЕДНОСТЬ И ОСНОВА СОЗДАНИЯ АСУ ИАТ

Рассматриваемые процессы предметной области «Испытания ОАТ» обладают организационной и технологической сложностью, длительностью и высокой стоимостью. Они не обеспечены не только автоматизированной системой (АС) их сопровождения, но и не имеют стандартов аппаратно-информационной совместимости и эффективности отдельных комплексов средств автоматизации (КСА) решения задач ИАТ. Целесообразность и необходимость информационной совместимости КСА определяется принципиальной единственностью только эволюционного пути ее реализации. Именно таким путем возможно создание перспективной АСУ ИАТ, которая по своей масштабно-классификационной сути будет относиться к классу ОТС, а по функционально-целевому предназначению и реализации будет являться распределенным автоматизированным банком данных, обеспечивающим существование и поддержку актуального состояния единого информационного пространства (ЕИП) для области разработки и испытаний ОАТ.

Основные системотехнические трудности создания АСУ ИАТ определяются:

– огромной размерностью (многомерностью) информационного пространства, которое должно моделировать и динамически адекватно отображать состояния соответствующих процессов, объектов и связей;

– отсутствием отечественных стандартизированных методологий и технологий, являющихся до настоящего времени чрезвычайно актуальными направлениями научных исследований и опытно-конструкторских работ;

– априорной неопределенностью и последующей итерационной конкретизацией (уточнением и развитием) содержательного описания ЕИП предметной области «Разработка и испытания ОАТ».

Говоря о векторах информационного пространства процессов ИАТ, в перспективе хотелось бы получить взаимосвязанную систему его функциональных областей: испытываемых ОАТ, видов и этапов испытаний, технических средств измерений, а также материально-технического, методического и других видов обеспечения.

Анализ состояния проблемы создания АСУ ИАТ позволил сделать следующие выводы:

– разработку функциональных подсистем целесообразно осуществлять на основе существующего опыта и содержания регламентированной документации успешно завершенных испытаний ОАТ;

– первоочередные усилия должны быть направлены на создание функциональных подсистем управления летными испытаниями, так как данный вид испытаний является одним из наиболее сложных:

- по организации и управлению,
- по использованию технических измерительных и вспомогательных средств и систем,
- по составу успешно апробированных методов, моделей и алгоритмов проведенных летных экспериментов и оценке их результатов,

- по составу и квалификации участвующих в испытаниях должностных лиц;

– в качестве ключевой проблемы необходимо рассматривать разработку АСУ летных экспериментов (ЛЭ), так как именно эксперименты определяют основное содержание летных испытаний ОАТ;

– разработку функциональных подсистем целесообразно осуществлять при условии применения единой методологии и технологических стандартов.

Разработка любой АС является многоплановой, чрезвычайно сложной и трудоемкой проблемой. Концептуальный проект АС должен быть в значительной степени консервативным (устойчивым во времени, редко изменяемым) и инвариантным по отношению к быстрой эво-

люции технических средств автоматизации и их общего программного обеспечения. Необходимо отметить, что активные зарубежные исследования последних лет в данном направлении уже воплощены в ряде технологических решений.

Фундаментом автоматизации процессов функционирования ОТС является концепция интегрированных систем баз данных (СБД), определяющая основные технологические аспекты проектирования перспективных информационных и управляющих систем для различных сфер применения. Теоретической базой таких технологий являются различные методологии проектирования систем баз данных, которые сегодня имеют практическое воплощение в целом ряде технологических решений [2–7].

СХЕМА ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ТЕХНИЧЕСКОЙ АРХИТЕКТУРЫ АСУ ЛЕТНЫМИ ЭКСПЕРИМЕНТАМИ

Модель основных подсистем технической инфраструктуры (современной и перспективной) систем измерений и оценки значений физических величин, параметров и характеристик ОАТ, используемых в ходе и в результате ЛЭ, можно представить в виде трех функциональных блоков (рис. 1):

1) формирование цифровых значений $Y(t)$ аналоговых и цифровых сигналов от различных типов бортовых и наземных технических средств измерения (приборов) – уровень (интерфейс) аналогово-цифровых преобразований (ИАЦП) или *первичной* обработки измерений;

2) формирование значений оценок измеряемых физических величин и параметров $X(t)$ объекта испытания (эксперимента) на основе полученных значений измерений – уровень (интерфейс) формирования обновляемых данных (ИОД) или *вторичной* обработки измерений (получение значений оценок, например: скорости, курса, тангажа, крена, координат, силы ветра и т. п.);

3) накопление и обработка данных с целью мониторинга процессов летного эксперимента и управления его ходом, а также формирование оценочных значений требуемых (-ой) характеристик (-и) на основе одного или множества экспериментов – уровень аналитической (*третичной*) обработки данных.



Рис. 1. Модель системы сбора и обработки данных ЛЭ
Fig. 1. Model system for collecting and processing the data of the flight experiment

Представленные функциональные блоки объединяются с помощью системы связи и обмена данными (ССОД) в единую систему, формирующую информационное пространство ИЦ в виде данных измерений и оценок, выполненных в ходе различных ЛЭ.

В зависимости от вида, структуры и содержания информационных потоков через ИАЦП и ИОД технологическая реализация ССОД может объединять в одном конструктивном элементе функции подсистем 1-го и 2-го уровней, либо 2-го и 3-го уровней, либо сохранять их конструктивную автономность, обеспечивая при этом автоматический или автоматизированный режим обмена данными (рис. 2). Представленные схемы соответствуют трем целесообразным направлениям возможной модернизации существующих (или разработки новых перспективных) ТСИ и средств аналитической обработки данных летных экспериментов с целью создания описанной выше интегрированной информационной среды.

Существующие сегодня технические средства первичной и вторичной обработки измерений обладают рядом принципиальных системных недостатков, создающих значительные трудности их комплексирования в единую бесконфликтно развивающуюся аппаратно-программную автоматизированную информационную систему. К таким недостаткам, определяющим эволюционную жесткость существующих измерительно-испытательных комплексов и систем, в первую очередь следует отнести:

- аппаратно-программную консервативность (трудности, возникающие при смене платформ);
- существенную ограниченность масштабов проводимых ЛЭ и возможностей их изменения (отсутствие масштабируемости используемых ресурсов);
- информационную замкнутость и изолированность от других «дружественных» взаимодействующих систем (закрытость и автономность);
- стационарный характер установки большинства средств измерения (трудности перемещения большинства измерительных станций) и другие.

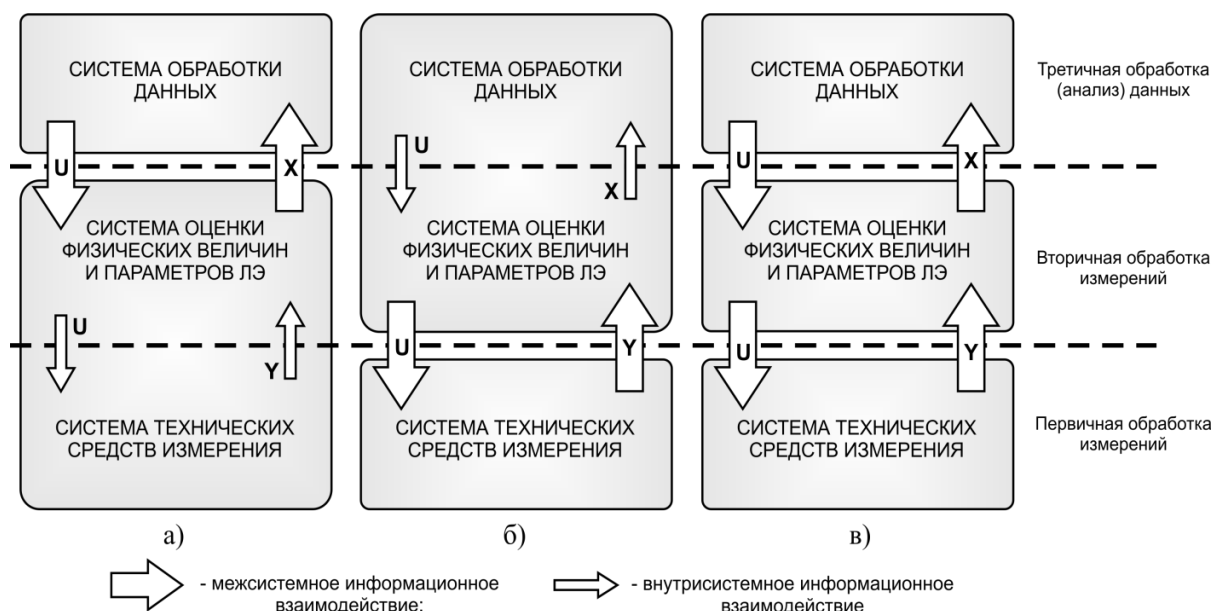


Рис. 2. Возможные схемы технологической реализации АСУ ЛЭ

Fig. 2. Available schemes of the technological implementation of the automated flight test management system

Устранение указанных недостатков должно основываться на свойствах физических процессов выполнения первичных измерений и на анализе интенсивности интерфейсных информационных потоков и может выполняться объединением усилий и результатов, получаемых:

- при модернизации существующих или создании новых аппаратно-программных интерфейсов для технических средств первичной и вторичной обработки измерений (рис. 2, а, б);

– при создании новых перспективных, системных аппаратно-программных технических средств, платформ, интерфейсов и каналов информационного обмена и обработки (рис. 2, в).

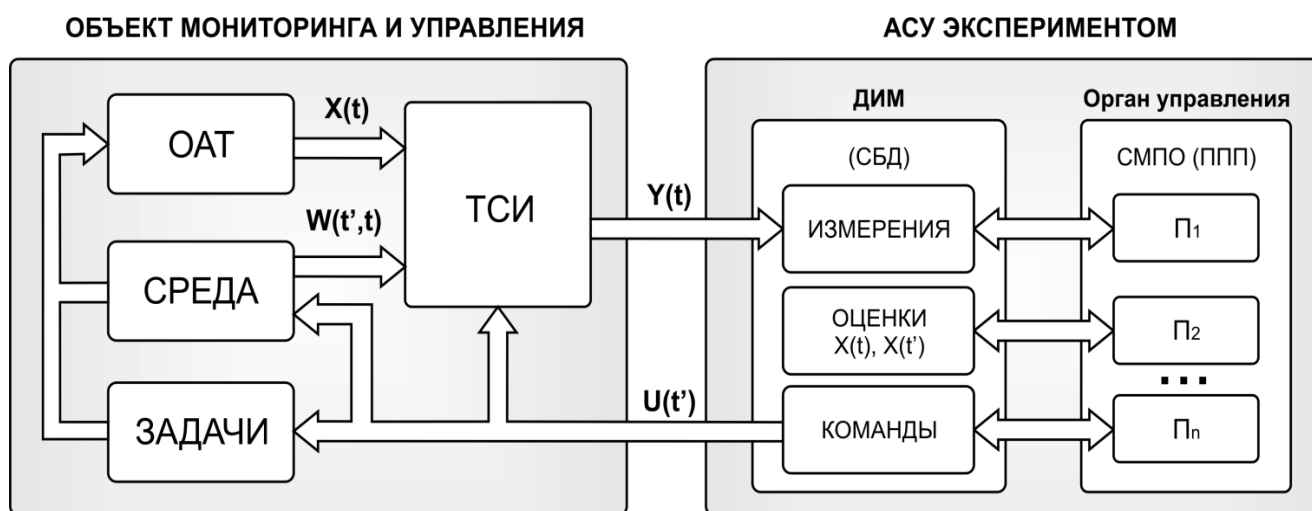
Таким образом, технические комплексы, предназначенные для мониторинга и управления летными экспериментами и соответствующие сформулированным выше требованиям (обладающие рассмотренными свойствами), должны создавать основу адаптивной к условиям применения и требованиям развития инфраструктуру из перспективных мобильных модульных измерительных комплексов (М²ИК), способных к оперативному развертыванию на существующих и вновь создаваемых испытательных полигонах.

МОДЕЛЬ ФОРМИРОВАНИЯ И ПРИМЕНЕНИЯ СБД ДЛЯ АСУ ЛЕТНЫМИ ЭКСПЕРИМЕНТАМИ

Любой из рассмотренных вариантов реализации аппаратно-программной инфраструктуры АСУ ЛЭ должен обеспечивать функционирование СБД, являющейся интегрированной динамической информационной моделью (ДИМ) системы функциональных областей «подготовки», «выполнения», «обработки» и «оценки результатов измерений, параметров и характеристик» испытываемых ОАТ.

В общем виде систему управления летными экспериментами и место в ней СБД можно представить схемой (рис. 3), связывающей *объект управления* (организационно-техническая система, реализующая эксперимент) и *орган управления* (лица, осуществляющие мониторинг и оценку хода эксперимента) процессами сбора, накопления, обработки данных и выработки управляющих воздействий.

Здесь $X(t)$ – вектор состояния объекта управления в каждый момент времени. Орган управления получает информацию о значениях элементов $X(t)$ в виде значений вектора измерения $Y(t) = G(X(t))$. Векторы X и Y в общем случае имеют разную размерность. На основе поступающей информации $Y(t)$ орган управления осуществляет оценку значений элементов вектора $X(t)$ и формирует управляющие воздействия в виде вектора управления экспериментом $U(t) = L(X(t))$. Кроме управляющего воздействия на ход эксперимента действуют внешние силы (погодные условия, вынужденные маневры ЛА и различные помехи обстановки), описываемые вектором возмущения внешней среды $W(t)$.



P_i - i -ый пакет прикладных программ; ТСИ - технические средства измерений

Рис. 3. Схема формирования и применения СБД в ходе обработки данных ЛЭ

Fig. 3. Scheme formation and application database processing system during flight test data

Состояние объекта управления в любой момент времени $t > t'$ характеризуется и может быть описано (но это не всегда возможно) с помощью системы уравнений связи:

$$X(t) = F(X(t'), W(t', t), U(t')),$$

а фиксируемые значения вектора измерения, зависящие от значений $X(t)$ и помех $q(t)$, действующих на ТСИ, можно записать в виде

$$Y(t) = G(X(t), q(t)).$$

Вычисляемые оценки значений вектора $X(t)$ используются органом управления для формирования управляющих воздействий $U(t''), t'' > t$, изменяющих ход выполнения летного эксперимента.

СБД, являясь центральным системообразующим элементом в рассматриваемой схеме, обеспечивает накопление, сохранение и обновление значений описанных выше элементов в темпе и соответствии с необходимой частотой слежения за состояниями объекта управления.

Именно СБД обеспечивает орган управления актуальными данными, соответствующими конкретным моментам времени, о состоянии процессов, оценках хода и результатов ЛЭ, создавая необходимую развивающую среду для управления ими и испытаниями ОАТ в целом. Основой разработки подсистем АСУ ИАТ являются процессы концептуального проектирования соответствующих СБД [7], эффективность реализации которых в основном и определяет уровень успешности и способности к развитию создаваемых систем.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Представленные выводы и предложения могут быть использованы при формировании направлений научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, обеспечивающих ускоренную разработку АСУ ИАТ на базе концептуальных моделей СБД ее подсистем.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Всероссийская научно-техническая конференция «Научные чтения по авиации, посвященные памяти Н.Е. Жуковского»: сборник докладов. М.: Издательский дом Академии имени Н.Е. Жуковского, 2014. 552 с.
2. Буч Г. Язык UML. Руководство пользователя: пер. с англ. Н. Мухин / Г. Буч, Д. Рамбо, И. Якобсон. 2-е изд. М.: ДМК Пресс, 2006. 496 с.
3. Марка Д. Методология структурного анализа и проектирования / Д. Марка, К. Мак-Гоуэн. М.: Метатехнология, 1993. 240 с.
4. Маклаков С.В. Моделирование бизнес-процессов с All Fusion Process Modeler / С.В. Маклаков. М.: Диалог-МИФИ, 2008. 224 с.
5. Горшков П.С. Ресурсно-ограничительный метод исследования сложных информационных систем / П.С. Горшков, Б.И. Бачкало. М., 2008. 274 с.
6. Калянов Г.Н. CASE-технологии: консалтинг при автоматизации бизнес-процессов / Г.Н. Калянов. М.: Горячая линия – Телеком, 2000. 320 с.
7. Ветошкин В.М. Основы теории концептуального проектирования баз данных для автоматизированных систем / В.М. Ветошкин. М: ВВИА им. проф. Н.Е. Жуковского, 1992. 267 с.
8. Потемкин А.В., Горшков П.С., Халютин С.П. Методика синтеза структурных схем системы электроснабжения воздушных судов // Труды международного симпозиума надежность и качество. Том 1. М., 2013. С. 318–321.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Ветошкин Владимир Михайлович, доктор технических наук, профессор, почетный профессор ВВИА им. проф. Н.Е. Жуковского, главный научный сотрудник отдела информационно-аналитических систем ООО «Экспериментальная мастерская НаукаСофт», vetvm@yandex.ru.

Горшков Павел Сергеевич, кандидат технических наук, доцент, исполнительный директор ООО «Экспериментальная мастерская НаукаСофт», pgorshkov@xlab-ns.ru.

Жолобов Александр Борисович, кандидат технических наук, старший научный сотрудник, начальник управления опытно-конструкторских работ ООО «Научно-производственный концерн «Штурмовики Сухого», shturmoviki1@mail.ru.

METHODOLOGICAL PROBLEMS AND WAYS OF CREATION OF THE AIRCRAFT EQUIPMENT TEST AUTOMATED MANAGEMENT SYSTEM

Vladimir M. Vetoshkin¹, Pavel S. Gorshkov¹, Aleksander B. Zholobov²

¹LLC "Experimental laboratory NaukaSoft", Moscow, Russia

²LLC "NPO "Sukhoi Attack Aircraft", Moscow, Russia

ABSTRACT

The development of new and modernization of existing aviation equipment specimens of different classes are accompanied and completed by the complex process of ground and flight tests. This phase of aviation equipment life cycle is implemented by means of organizational and technical systems – running centers. The latter include various proving grounds, measuring complex and systems, aircraft, ships, security and flight control offices, information processing laboratories and many other elements. The system analysis results of development challenges of the automated control systems of aviation equipment tests operations are presented. The automated control systems are in essence an automated data bank. The key role of development of flight tests automated control system in the process of creation of the automated control systems of aviation equipment tests operations is substantiated. The way of the mobile modular measuring complexes integration and the need for national methodologies and technological standards for database systems design concepts are grounded. Database system, as a central element in this scheme, provides collection, storing and updating of values of the elements described above in pace and the required frequency of the controlled object state monitoring. It is database system that provides the supervisory unit with actual data corresponding to specific moments of time, which concern the state processes, assessments of the progress and results of flight experiments, creating the necessary environment for aviation equipment managing and testing as a whole. The basis for development of subsystems of automated control systems of aviation equipment tests operations are conceptual design processes of the respective database system, the implementation effectiveness of which largely determines the level of success and ability to develop the systems being created. Introduced conclusions and suggestions can be used in the formation of R&D areas of activities to ensure the accelerated development of automated control systems of aviation equipment test operations on the base of subsystems conceptual models of database system.

Key words: aircraft equipment test; organizational-technical system; single information space; flight experiment; automated management system; database system; conceptual data model.

REFERENCES

1. *Vserossijskaja nauchno-tehnicheskaja konferencija «Nauchnye chtenija po aviacii, posvjashhjonnye pamjati N.E. Zhukovskogo»* [Russian Scientific Conference "Scientific Readings on aviation dedicated to memory N.E. Zhukovsky]. *Sbornik докладов* [The collection of reports]. *Izdatel'skij dom Akademii imeni N.E. Zhukovskogo* [Publishing House of the Academy named after N.E. Zhukovsky], 2015, 552 p. (in Russian)

2. **Buch G., Rambo D., Jakobson I.** *Yazyk UML. Rukovodstvo pol'zovatelya. Perevod s anglijskogo. Mukhin N.* [UML language. User's guidance. Trans. from English]. *DMK Press* [DMK Press], 2006, 496 p. (in Russian)

3. Marca D., McGowan C. *Metodologiya strukturnogo analiza i proyektirovaniya* [The methodology of a structured analysis and design technique]. *Metatekhnologiya* [Metatechnology]. 1993. p. 240 (in Russian)

4. Maklakov S.V. *Modelirovaniye biznes-protsessov s All Fusion Process Modeler* [Modeling business processes with the All Fusion Process Modeler]. *Dialog MIFI* [Dialog MIFI], 2008, 224 p. (in Russian).

5. Gorshkov P.S., Bachkalo B.I. *Resursno-ogranichitel'nyy metod issledovaniya slozhnykh informatsionnykh sistem* [Resource-restrictive method of complex information systems research]. *Trudy simpoziuma "Nadezhnost' i kachestvo"* [Proceedings of the Symposium "Reliability and Quality"], 2008, 274 p. (in Russian)

6. Kalyanov G.N. *CASE-tekhologii: konsalting pri avtomatizatsii biznes-protsessov* [CASE-technology: consulting under business processes automation]. *Goryachaya linyaya -Telekom* [Hotline Telecom], 2000, 320 p. (in Russian)

7. Vetoshkin V.M. *Osnovy teorii kontseptual'nogo proyektirovaniya baz dannykh dlya avtomatizirovannykh sistem* [Basic theory of conceptual design of databases for automated systems]. *VVIA im. prof. N.Ye. Zhukovskogo* [Zhukovsky Air Force Engineering Academy], 1992, 267 p. (in Russian)

8. Potemkin A.V., Gorshkov P.S., Khalutin S.P. *Metodika sinteza strukturnykh skhem sistemy elektrosnabzheniya vozdushnykh sudov* [Methods of synthesis of structural schemes of aircraft power supply system]. *Trudy simpoziuma "Nadezhnost' i kachestvo"* [Proceedings of the Symposium "Reliability and Quality"], 2013, vol. 1, p. 318–321. (in Russian)

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Vetoshkin Vladimir Michailovich, Doctor of Science, Professor, Honored Scientist of the Russian Federation, Professor Emeritus of the Air Force Engineering Academy named after N.E. Zhukovsky, Chief Researcher of the Information-analytical systems department of LLC "Experimental laboratory NaukaSoft", vetvm@yandex.ru.

Gorshkov Pavel Sergeevich, PhD, Associate Professor, Executive Director of LLC "Experimental Laboratory NaukaSoft", pgorshkov@xlab-ns.ru.

Zholobov Aleksander Borisovich, PhD, Senior Researcher, Honorary Aircraft Builder and Honored Designer of Russia, Head of Development Works of LLC "Scientific-Production Concern "Attack Aircraft Sukhoi", shturmoviki1@mail.ru.