

УДК 004.942

НАПРАВЛЕНИЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ОБРАЗЦОВ АВИАЦИОННОЙ ТЕХНИКИ ЗА СЧЕТ СОГЛАСОВАННОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СОВРЕМЕННЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Ю.И. БУРЯК, В.Л. КАЛИНИН, М.П. ЛЮБОВНИКОВ

Предложены системные, программно-технические и технологические решения в направлениях повышения готовности и эффективности применения авиационной техники на основе сквозной автоматизации информационных процессов технической эксплуатации за счет согласованного использования комплекса современных информационных технологий. Главное достоинство данной технологии – возможность получения и использования в «реальном времени» ряда важных характеристик изделий АТ, метрик организационных и технологических процессов и др. в системе управления жизненным циклом АТ.

Ключевые слова: авиационная техника, техническое обслуживание и ремонт, автоматизация, информационные технологии, процессы, автоматическая идентификация.

Введение

Существующий порядок информационного сопровождения процессов технического обслуживания и ремонта (ТОиР) авиационной техники (АТ) как государственной, так и гражданской авиации, как правило, основан на широком использовании документов в «бумажной» форме и «ручном» вводе соответствующих данных. Присущие ему принципиальные недостатки, в том числе: затраты времени при оформлении документации на проведение и по завершении работ, наличие ошибок при идентификации изделий, их характеристик, а также связанных с ними процессов при проведении работ, использование усредненных значений характеристик авиационных средств поражения при существенном расширении их номенклатуры, в конечном итоге, приводят к снижению качества ТОиР, готовности и эффективности применения АТ.

Организационно-временная разобщенность процессов мониторинга и управления техническим состоянием АТ и информационная недостаточность (в части полноты, актуальности и достоверности) собираемых сведений не позволяют получать и использовать в «реальном времени» ряд важных характеристик изделий, в том числе показателей эксплуатационной и ремонтной технологичности, метрик организационных и технологических процессов, стоимости отдельных работ и др.

Полноценное решение задач сбора и обработки данных об изделиях и процессах в системе управления жизненным циклом (ЖЦ) АТ может быть основано только на расширении существующего комплекса информационных технологий путем включения технологий автоматической идентификации изделий, современных технологий измерений и навигации, мобильных устройств (терминалов), беспроводных коммуникаций и их согласованном использовании.

В настоящей работе предлагаются решения по сквозной автоматизации информационных процессов технической эксплуатации АТ на основе использования комплекса современных информационных технологий (ИТ), направленные на повышение готовности и эффективности применения перспективных образцов АТ.

Анализ предмета исследований

Для обоснования выбора принципов автоматизации процессов и необходимого состава информационных технологий рассмотрим существующий порядок организации процессов техни-

ческой эксплуатации АТ (1), мониторинга ее надежности (2), подготовки к применению (3), обработки данных для принятия решений (4).

1. В качестве предмета анализа рассматривается типовая модель организационно-технологического процесса ТОиР (рис. 1), позволяющая выделить параметры (метрики) процесса, а именно: характерные временные интервалы, технологическую последовательность и место проведения работ, где $t_1 \dots t_5$ - сокращение временных интервалов Тод, Тпн, Тун, Тппп (оформления документации, поиска неисправности, устранения неисправности, подготовки к повторному полету) за счет автоматизации информационных процессов, степень влияния которой возрастает в условиях использования разных типов АТ, на внебазовых аэродромах, удаленности служб материально-технического обеспечения и пунктов управления инженерно-авиационной службы (ПУ ИАС) [1].

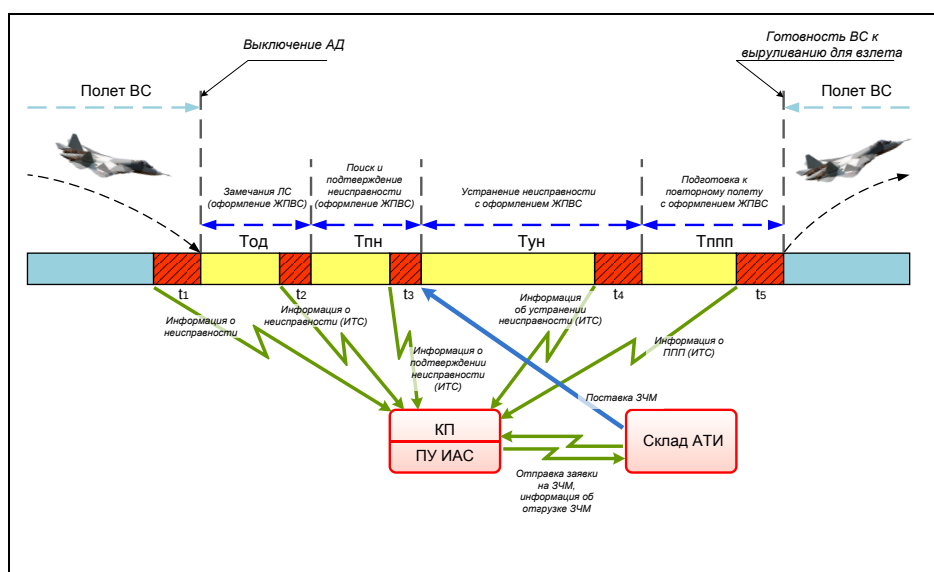


Рис. 1. Типовая циклограмма процесса восстановления воздушного судна

Высокая степень регламентирования всех операций позволяет выделить ряд ключевых сущностей, их связей и моделей их состояния, в том числе:

- организационная структура может быть формализована в виде 2-уровневой территориально-распределенной схемы, где на нижнем (позиция подготовки воздушного судна, склад авиационно-технического имущества) уровне ее субъектами выполняются операции с материальными объектами, а на верхнем (командный пункт, ПУ ИАС и пр.) уровне – операции с нематериальными (информационными) объектами;

- произвольный производственный процесс может быть представлен в виде совокупности «типовых» объектов: субъектов, объектов, действий (операций) и их результатов, что, в конечном итоге, обеспечивает возможности по автоматизации рассмотренного процесса.

2. Анализ существующей практики сбора данных по результатам эксплуатации АТ (например, сбора и обработки данных о надежности АТ на основе карточек учета неисправностей (КУН) и донесений о результатах периодического анализа надежности АТ) показывает, что существующий порядок, в основном, основан на организационных мероприятиях, т.е. точном исполнении нормативных документов в части временных и качественных показателей отрабатываемых и представляемых в соответствующие органы управления государственной и гражданской авиации информационных материалов.

Однако на современном этапе развития АТ, характеризуемом одновременным повышением требований по полноте и оперативности сбора сведений, расширением типажа выпускаемой АТ при сокращении экземпляров каждого типа, имеет место снижение достоверности получаемых результатов из-за ошибок и искажений вводимой операторами исходной информации. Очевид-

но, что использование традиционных подходов в отмеченных условиях обуславливает ослабление механизмов контроля и поддержания заданных значений показателей готовности на стадии эксплуатации АТ, а также рост непроизводительных затрат, связанных с собственно проведением работ по мониторингу эксплуатации АТ.

Представляется очевидным, что решение данной задачи необходимо искать в направлении расширения состава собираемых сведений до уровня данных о количественных и качественных характеристиках (метриках) эксплуатационных процессов и организации их сбора в рамках технического обслуживания АТ. В этом случае появляется возможность существенного повышения оперативности и точности расчета показателей надежности АТ, что может быть продемонстрировано на примере решения двух проблемных задач (рис. 2, 3).

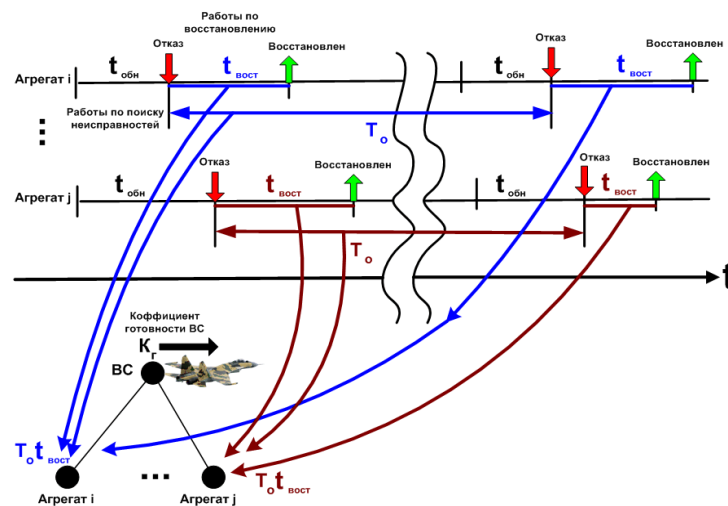


Рис. 2. Схема автоматизированного сбора и обработки данных о надежности АТ

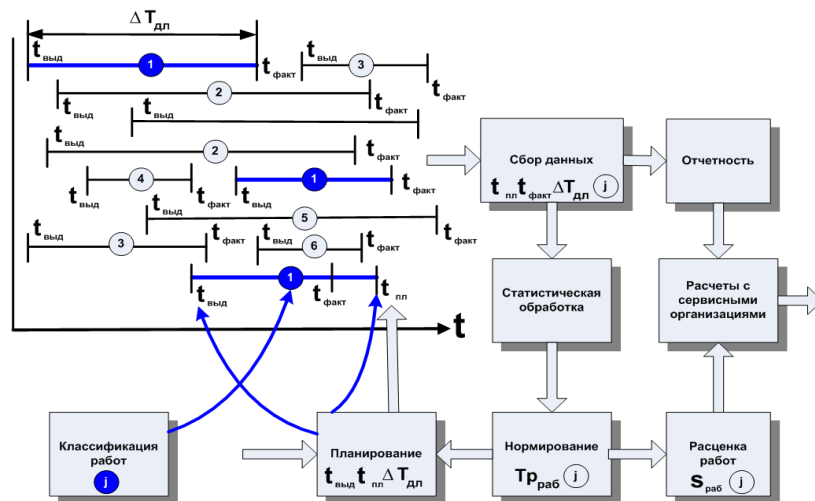


Рис. 3. Автоматизированный сбор и обработка данных стоимости работ по ТОиР АТ

В основу процесса ТОиР АТ положена последовательность выполнения заданий (в виде типовых шаблонов). Введение в атрибутивный состав заданий на работы по поиску неисправностей и восстановлению отказавших изделий ($t_{обн}$ и $t_{восст}$ на рис. 2) данных о событиях «отказ» и «восстановлен», а также данных, характеризующих тип и описание неисправности, позволит производить автоматизированный расчет наработки на отказ (T_o) и времени восстановления ($t_{восст}$) для каждого отказавшего изделия каждого ВС и расчет коэффициента готовности каждо-

го ВС. Результаты этих расчетов могут быть «сведены» в показатели надежности и готовности парка АТ вышестоящих организованных уровней.

Осуществление полной классификации работ по ТООР АТ позволит производить расчет фактических трудозатрат по каждому типу (виду) работы и после статистической обработки - трудоемкости и стоимости проведенных работ, что позволит повысить качество их планирования и контроля (рис. 3).

Преимущество данного подхода заключается в возможности получения не только сопровождающей, но и упреждающей оценки состояния эксплуатации АТ за счет организации сбора данных в процессе ТООР АТ, что требует его автоматизации.

3. Как показали результаты целого ряда исследований, на качество выполнения задач государственной авиации с применением авиационных средств поражения (АСП) в достаточной степени влияют правильность и оперативность подготовки и ввода в бортовой комплекс (БК) данных о характеристиках АСП, бортовых прицельных систем, устройств и датчиков полетной информации. Преобладание «ручного» их ввода приводит к значительным временным затратам и увеличивает вероятность ошибок ввода данных, что снижает точностные характеристики (ТХ) и эффективность применения АСП. Поэтому одним из направлений повышения эффективности решения задач перспективными БК является расширение состава вводимых данных в условиях индивидуального учета характеристик АСП и исключение ошибок ввода, что обуславливает объективную необходимость разработки методов и средств автоматизации (аппаратное и программное обеспечение) соответствующих процессов.

4. Существующие подходы по обработке собранных данных о состоянии изделий АТ и процессов их ЖЦ зачастую ориентированы на бумажный документооборот, типовые расчетные процедуры и традиционные структуры хранения накопленных сведений, увязанных с временными/сетевыми графиками работ с изделиями. Поэтому, несмотря на применение современных решений по обработке данных, предоставляемая управленческим структурам информация часто избыточна, не всегда достоверна, а информационная поддержка управления сведена к констатации временных задержек исполнения работ, фиксации «проблемных» участков без увязки с показателями эффективности (качества, готовности, исправности, безопасности и пр.), использованными ресурсами (финансовыми, материальными, кадровыми), прогнозом состояния изделий и обоснованными рекомендациями. Представляется очевидным, что при решении данной задачи необходимо учитывать следующие концептуальные особенности организации эксплуатации АТ государственной и гражданской авиации [2; 3]:

- деятельность ИАС строго регламентирована уставными и нормативными документами, в которой возможно выделить жестко выстроенные, иерархически организованные уровни;

- на соответствующих уровнях системы управления ИАС решаются задачи планирования и организации ТООР, а на нижнем уровне ИАС - их исполнение в рамках проведения форм оперативного и периодического ТО;

- каждый из указанных уровней требует своей степени детализации результатов контроля. Если на нижнем уровне требуются детальные данные по каждому воздушному судну, то на верхних уровнях возрастает степень обобщенности данных, где полученные показатели характеризуют состояние соответствующего парка АТ как в целом, так и в различных разрезах (типы и исправность АТ, аэродромы базирования, элементы организационной структуры и пр.).

В рамках практической реализации указанных положений на нижнем уровне организуется сбор данных по фактически исполненным работам и рассчитывается доля их исполнения как по объемным и качественным показателям, так и по ресурсообеспечению. На верхних уровнях системы делается логический вывод о состоянии АТ и соответствии достигнутого уровня показателей ИАС требованиям руководящих документов, а также выявляются факторы, вызвавшие состояние «не норма».

Автоматизированный сбор данных о количественных и качественных характеристиках (метриках) эксплуатационных процессов позволяет организовать непрерывный (в «реальном времени») мониторинг состояний и эксплуатационно-технических характеристик АТ.

Постановка задачи исследования

Указанные выше недостатки в организационно-техническом обеспечении АТ обуславливают наличие рисков в выполнении целевой задачи АТ. В этих условиях возрастает актуальность новых подходов, позволяющих снизить (устранить) имеющие место риски по следующим направлениям автоматизации процессов, оказывающих непосредственное влияние на готовность к использованию по назначению и эффективность применения АТ:

- автоматическая идентификация объектов материальных потоков (изделий, документов, тары) путем размещения на них машиносчитываемых меток различного типа;
- обеспечение непрерывного, в «реальном времени» мониторинга состояния изделий и характеристик (метрик) производственных и эксплуатационных процессов, позволяющего получать текущие значения характеристик (метрик) и прослеживать их историю;
- обеспечение синхронизации и информационной связности существующего («классического») электронного документооборота с информационными потоками, образованными информационными блоками меток, размещенных на материальных объектах, и характеристик эксплуатационных процессов;
- организация сбора данных от различных источников мультимедийной информации (машиносчитываемые метки, датчики различной природы, фото, видео, средства измерения и т.д.) с обеспечением легитимности и достоверности собираемых данных;
- организация контроля процессов и состояния экземпляров изделий в реальном времени и/или за установленные промежутки времени по дифференциальным и интегральным показателям, характеризующим готовность и эффективность применения АТ, качество и ресурсозатратность технологических процессов;
- организация информационной поддержки принятия решений, обеспечивающей аналитическую обработку данных, полученных в результате их сбора и контроля, представление результатов органам управления различного организационного уровня.

Предложения по применению комплекса информационных технологий

Полноценное решение задач сбора и обработки данных об изделиях и процессах может быть основано только на расширении существующего комплекса информационных технологий в составе систем управления ЖЦ АТ путем включения технологий автоматической идентификации изделий, современных технологий измерений и навигации, мобильных устройств (терминалов), беспроводных коммуникаций и их согласованном использовании.

Перспективная информационно-вычислительная система, реализующая автоматизированную технологию непрерывного мониторинга состояния изделий и процессов, строится на следующих основных принципах: маркировки материальных объектов (изделий, документов, тары) машиносчитываемыми метками (1); регламентации работ (2); «связанности потоков» (3); программно-технологической платформы (4); охвата всего цикла управления (единства сбора, контроля, информационной поддержки принятия решений) (5).

1. Технология непрерывного мониторинга предполагает работу с маркированными объектами. Маркировке подлежат изделия, находящиеся в обороте сопроводительные документы, тара и упаковка. Маркировка производится путем размещения на объектах машиносчитываемых меток различного типа: радиочастотных (РЧИ, RFID), штрих-кодовых (ШК). Допускается использование других видов машиносчитываемых меток.

2. Учитывая регламентированный состав работ, выполняемых на стадиях производства и эксплуатации АТ, логика построения технологии непрерывного мониторинга может быть осно-

вана на принципе регламентации работ в виде электронного задания, которое формируется и выдается на терминал исполнителя. В результате зарегистрированный пользователь, взаимодействуя с определенным зарегистрированным терминалом, обязан: выполнить предписанную ему заданием работу с указанным изделием (идентифицируемым чтением его метки), обязательно зарегистрировать факт выполнения работы по заданию с обязательным вводом (выбором из списка) важных атрибутов задания и проставлением своей графической подписи. Ведение потока заданий вообще и электронного задания в частности обеспечивает информационное связывание потоков электронного документооборота с информационными потоками, образованными информационными блоками меток, размещенных на материальных объектах. Таким образом, определяется однозначность при идентификации конкретного процесса с конкретным изделием (меткой) во всем множестве процессов некоторого вида.

В конечном итоге технология непрерывного мониторинга обеспечивает четкую увязку заданий, работ по заданиям (процессов), результатов работ и данных, характеризующих условия проведения работ, что снижает влияние «человеческого фактора» и повышает достоверность и легитимность собираемой информации.

3. Технология непрерывного мониторинга основывается на уникальном программно-аппаратном решении «Терминал», являющемся реализацией теоретических основ и инженерных принципов концепций «связанных потоков» и «интеллектуальной логистической среды».

В рамках решения «Терминал» разработаны принципы построения и функционирования интеллектуальной логистической среды, которая строится на встроенных в изделия АТ интеллектуальных информационных сенсорах (радиочастотных метках, датчиках и т.п.) и мобильных терминалах сбора данных, синхронизирующих информацию, записанную в машиночитываемых метках изделий с информацией в БД и регистрирующих характеристики (метрики) регламентированных технологических процессов. Интеллектуальная логистическая среда поддерживается разработанной и апробированной специалистами ФГУП «ГосНИИАС» программно-технологической платформой МСОМП, обеспечивающей реализацию прикладных подсистем, задач и функций в единой вычислительной среде.

4. Система МСОМП («Мониторинг состояний объектов материальных потоков на их жизненном цикле») [4] – это гибкая, настраиваемая программная система, позволяющая администраторам предприятия (эксплуатирующей организации) без написания программного кода адаптировать программное обеспечение под специфику конкретного предприятия и потребности конкретных пользователей, а также практически без привлечения разработчика совершенствовать и развивать внедренную систему.

5. Автоматизированная технология непрерывного мониторинга обеспечивает следующие этапы типового цикла управления организационно-технической системой: сбор данных (значений контролируемых параметров); контроль состояния объекта управления; информационная поддержка принятия решений (ИППР).

Технология мониторинга позволяет получить характеристики (метрики) технологических процессов производства, эксплуатации и характеристики изделий АТ.

Собранные данные подлежат обработке в рамках проведения контроля процессов эксплуатации. Контроль прохождения процессов и состояния экземпляров материальных объектов производится в реальном времени и/или за установленные промежутки времени по дифференциальным и интегральным показателям, характеризующим готовность АТ, качество и ресурсозатратность технологических процессов.

Информационная поддержка принятия решений заключается в аналитической обработке и подготовке данных, полученных в результате их сбора и контроля к представлению руководителям различного ранга, визуализации информации и диагностике выявленных контролем нарушений. Математическое обеспечение ИППР основано на понятиях «состояние объекта», «состояние процесса», строится на математическом аппарате теории множеств и алгоритмах логического вывода, а также включает методы, модели и алгоритмы аналитической обработки данных.

В рамках поставленной задачи требуется не только зафиксировать нарушение, но и локализовать его, поэтому необходимо дополнительно выявить объект нарушений и нарушителя. В связи с этим обработка полученных состояний производится «снизу – вверх» в соответствии с уровнями управления, а локализация нарушения – «сверху – вниз».

Автоматизированная технология мониторинга реализуется внедрением в состав автоматизированных систем управления ИАС различного уровня программно-аппаратного комплекса, включающего, в том числе АРМ и терминалы пользователей, периферийное оборудование терминалов (ридеры, сканеры и т.д.).

Информационный обмен перечисленных компонентов осуществляется в рамках локальной вычислительной сети с использованием проводных и беспроводных линий связи.

Выводы

Предложены системные, программно-технические и технологические решения в направлениях повышения готовности и эффективности применения перспективных образцов авиационной техники на основе сквозной автоматизации информационных процессов технической эксплуатации путем согласованного использования комплекса современных информационных технологий (автоматической идентификации изделий, измерений и навигации, мобильных устройств, беспроводных коммуникаций). Решения носят универсальный характер, предполагают организацию непрерывного мониторинга состояния изделий авиационной техники, процессов их производства, эксплуатации и охватывают автоматизированный сбор данных от источников разной физической природы, обработку и визуализацию данных с целью информационной поддержки принятия решений по управлению жизненным циклом изделий АТ.

Использование машиносчитываемой маркировки авиационных средств поражения и средств их автоматической идентификации при подготовке бортовых комплексов авиационной техники к применению позволяет учесть их индивидуальные характеристики, что рассматривается в качестве важного условия повышения точностных характеристик прицельно-навигационных комплексов современной и перспективной авиационной техники.

ЛИТЕРАТУРА

1. Буряк Ю.И., Любовников М.П. Разработка методологического подхода и комплекса программно-аппаратных средств, обеспечивающих реализацию принципов по автоматизации процессов технического обслуживания и ремонта авиационных комплексов // *Приоритетные направления и актуальные проблемы развития средств технического обслуживания летательных аппаратов: сб. трудов Всерос. науч.-технич. конф.* Воронеж: Изд-во ВУНЦ ВВС ВВА им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина, 2014. С. 18-24.
2. *Федеральные авиационные правила инженерно-авиационного обеспечения государственной авиации (ФАПИАО)*. М.: МО РФ, 2005. 252 с.
3. *Наставление по технической эксплуатации и ремонту авиационной техники в гражданской авиации России (НТЭРАТ ГА-93)*. М.: Департамент воздушного транспорта МТ России, 1994. 309 с.
4. Буряк Ю.И., Амирханян В.Г., Калинин В.Л. Разработка программно-технологической платформы для обеспечения контроля за состоянием сложных объектов при построении территориально-распределенных автоматизированных информационных систем производственного назначения // *Вестник компьютерных и информационных технологий*. № 8. 2012. С. 23-28.

DIRECTIONS OF INCREASING THE EFFECTIVENESS OF USING AVIATION EQUIPMENT PERSPECTIVE SAMPLES AT THE EXPENSE OF COORDINATED USE OF MODERN INFORMATION TECHNOLOGIES

Buryak Yu.I., Kalinin V.L., Lyubovnikov M.P.

System, software technical and technological solutions in the directions of readiness and efficiency increase of the use of aviation equipment through automation of information processes of technical operation at the expense of coordinated use of a complex of modern information technology are proposed. The main advantage of given technology is the ability to

obtain and use in "real time" mode a number of important performances of aircraft equipments, metrics of organizational and technological processes etc. in the aircraft lifecycle management system.

Keywords: aviation equipment, maintenance and repair, automation, information technology, processes, automatic identification.

REFERENCES

1. **Burjak Ju.I., Ljubovnikov M.P.** Razrabotka metodologicheskogo podhoda i kompleksa programmno-apparatnyh sredstv, obespechivajushhih realizaciju principov po avtomatizacii processov tehničeskogo obsluzhivaniya i remonta aviacionnyh kompleksov. *Prioritetnye napravleniya i aktual'nye problemy razvitija sredstv tehničeskogo obsluzhivaniya letatel'nyh apparatov: sb. trudov Vseros. nauch.-tehnič. konf. Voronezh: Izd-vo VUNC VVS VVA im. prof. N.E. Zhukovskogo i Ju.A. Gagarina.* 2014. Pp. 18-24. (In Russian).
2. *Federal'nye aviacionnye pravila inženerno-aviacionnogo obespecheniya gosudarstvennoj aviacii (FAPIAO).* M.: MO RF. 2005. 252 p. (In Russian).
3. *Nastavlenie po tehničeskoy jekspluatacii i remontu aviacionnoj tehniki v grazhdanskoj aviacii Rossii (NTJeRAT GA-93).* M.: Departament vozdušnogo transporta MT Rossii. 1994. 309 p. (In Russian).
4. **Burjak Ju.I., Amirhanjan V.G., Kalinin V.L.** Razrabotka programmno-tehnologicheskoy platformy dlja obespecheniya kontrolja za sostojaniem slozhnyh ob#ektov pri postroenii territorial'no-raspredeleennyh avtomatizirovannyh informacionnyh sistem proizvodstvennogo naznacheniya. *Vestnik komp'juternyh i informacionnyh tehnologij.* № 8. 2012. Pp. 23-28. (In Russian).

Сведения об авторах

Буряк Юрий Иванович, 1953 г.р., окончил МВТУ им. Н.Э. Баумана (1976), кандидат технических наук, начальник подразделения ФГУП «ГосНИИАС», автор более 90 научных работ, область научных интересов – методы автоматизации сбора и обработки информации.

Калинин Владимир Львович, 1948 г.р., окончил МИЭМ (1972), ведущий инженер ФГУП «ГосНИИАС», автор более 10 научных работ, область научных интересов – разработка автоматизированных систем управления, управление организационно-техническими системами.

Любовников Михаил Петрович, 1962 г.р., окончил ВВИА им. проф. Н.Е. Жуковского (1990), кандидат технических наук, старший научный сотрудник ФГУП «ГосНИИАС», автор более 50 научных работ, область научных интересов – применение методов автоматизации сбора и обработки информации в процессах жизненного цикла авиационной техники.