

УДК 629.7.035

## ТЕКУЩИЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ОБ ОРГАНИЗАЦИИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ В СИСТЕМЕ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ АВИАЦИОННОЙ ТЕХНИКИ

© 2014 Ю.В. Киселев, Д.Ю. Киселев

Самарский государственный аэрокосмический университет  
имени академика С.П. Королева

Поступила в редакцию 09.09.2014

В статье описываются подходы в информационном обеспечении процесса технического обслуживания и ремонта авиационной техники и возможность использования в данном аспекте CALS-технологий.

Ключевые слова: *система технического обслуживания и ремонта, информационно-управляющая система, информационные технологии, жизненный цикл*

В современных условиях гражданская авиация представляет собой авиационную транспортную систему (АТС), предназначенную для осуществления воздушных перевозок и другой летной работы. Эта система является совокупностью совместно действующих воздушных судов (ВС), комплекса наземных средств по подготовке и обеспечению полетов, личного состава,

занятого эксплуатацией и ремонтом ВС и наземных средств, и системы управления процессом эксплуатации [1, 2]. Функционирование АТС обеспечивается взаимодействием ряда самостоятельных систем: летной эксплуатации; технической эксплуатации; управления воздушным движением; коммерческой эксплуатации; аэродромной эксплуатации (рис. 1).



Рис. 1. Схема авиационной транспортной системы

Особое место в АТС занимает система технической эксплуатации. В соответствии с ГОСТ 25866 техническая эксплуатация – «Часть эксплуатации, включающая транспортирование, хранение, техническое обслуживание и ремонт

*Киселев Денис Юрьевич, кандидат технических наук, доцент кафедры эксплуатации авиационной техники. E-mail: eat@inbox.ru*

*Киселев Юрий Витальевич, кандидат технических наук, доцент кафедры эксплуатации авиационной техники. E-mail: zamivt@ssau.ru*

изделия». Целью технической эксплуатации, как составной части АТС, является сохранение характеристик ВС, их функциональных систем и изделий на протяжении установленных ресурсов и сроков службы в тех допусках, которые требуют нормы летной годности. Кроме того, эффективная система технической эксплуатации обеспечивает также оптимальное использование ВС при минимальных затратах трудовых и материальных ресурсов. Показатели, по которым

оценивается качество системы технической эксплуатации, тесно связанные с основными показателями АТС, такими, как безопасность, регулярность и экономичность полетов.

Структурно техническая эксплуатация представляет собой совокупность объектов технической эксплуатации, летного и инженерно-технического состава, системы управления процессом технической эксплуатации, взаимодействующих с целью обеспечения летной годности и эффективности использования ВС путем поддержания и восстановления их исправности и работоспособности.

Центрально место в технической эксплуатации занимает система технического обслуживания и ремонта (ТОиР). Целью этой системы является управление техническим состоянием ВС в течение их срока службы или ресурса для обеспечения поддержания и восстановления летной годности ВС с минимальными затратами труда и средств на выполнение технического обслуживания и ремонта [3]. Поставленная цель определяет структуру системы ТОиР, которая представляет собой совокупность взаимодействующих объектов ТОиР, средств ТОиР, исполнителей и устанавливающей их правила взаимодействия документации. Таким образом, объективный процесс технической эксплуатации, в части обеспечения летной годности, реализуется в системе технического обслуживания и ремонта (ТОиР). Поэтому от эффективности системы ТОиР непосредственно зависит безопасность и регулярность полетов и, следовательно, эффективность технической эксплуатации ВС в целом. В свою очередь совершенство системы ТОиР определяется, прежде всего, тем, насколько четко обеспечивается взаимодействие между всеми звеньями системы, то есть от совершенства эксплуатационно-технической документации по ТОиР, в которой устанавливаются правила этого взаимодействия.

До недавнего времени весь комплекс работ по ТОиР основывался на использовании бумажной документации. Естественно, что организация обмена информацией на основе бумажных документов (бумажной технологии) является весьма неэффективной. При использовании бумажной документации возникают значительные трудности при поиске необходимых сведений, требуется большой объем работ при внесении изменений в документацию, информация дублируется, возникает множество ошибок, на устранение которых затрачивается много времени. Инженерный и другой управленческий персонал вынужден значительную часть своего рабочего времени затрачивать на составление многочисленных бумажных документов (распорядительных,

отчетных, учетных, технологических и т.п.). В результате резко снижается эффективность всех видов деятельности, связанной с ТОиР авиационной техники.

В настоящее время благодаря широкому внедрению вычислительной техники на базе персональных компьютеров, появилась возможность значительно сократить и, в дальнейшем, полностью заменить бумажную технологию управления эксплуатацией авиационной техники (АТ) электронной информационной технологией, которая в первую очередь направлена на введение электронного обмена информацией. Информация сегодня является одним из основных факторов, который обеспечивает эффективное управление сложными проектами и, в частности эффективное взаимодействие между всеми звеньями системы ТОиР. Поэтому возникает актуальная задача разработки и внедрения современных методов построения информационных управляющих систем внутри эксплуатирующих АТ предприятий и построения оптимальной модели взаимодействия. При этом используются электронные базы данных, которые служат для накопления, обработки и выдачи информации, необходимой для принятия оптимального решения.

Разработкой информационного обеспечения процесса технической эксплуатации АТ и созданием информационных управляющих систем (ИУС) в нашей стране начали заниматься в 70-ые годы прошлого столетия [1, 2]. В своем развитии ИУС прошли несколько этапов. Первоначально были созданы системы, решающие локальные задачи, например, такие системы как «Надежность», «Цех», «АТБ». В крупных авиапредприятиях создавались комплексные системы, объединяющие локальные. В октябре 1990 г. на базе Государственного научно-исследовательского института Авиационных Систем было создано научно-производственное предприятие «Эрлан». Сферой деятельности НПП «Эрлан» является разработка, внедрение и авторское сопровождение ИУС, предназначенных для управления и информационного обеспечения процессов технической эксплуатации воздушных судов любых типов. В 90-ые годы была разработана и внедрена в эксплуатацию на ряде авиационных предприятий базовая версия ИУС, получившее название «Эрлан-1» (AirLAN-1). С 2003 г. разрабатывается SQL-версия системы («Эрлан-2») в соответствии со стандартами АЕСМА 1000D и АЕСМА 2000M.

В 1994 г. на основе опыта разработки и сопровождения ИУС «Эрлан-1» был разработан ГОСТ Р 50596-93 «Система информационно-управляющая для обеспечения технической

эксплуатации воздушных судов». Стандарт введен в действие 01.07.1994 г. Этот стандарт определяет назначение, состав, функции и задачи ИУС инженерных авиационных служб ГА. В

соответствии с этим ГОСТом ИУС включает шесть комплексов, которые в свою очередь состоят из ряда информационных подсистем, выполняющих одну узкую функцию (рис. 3).

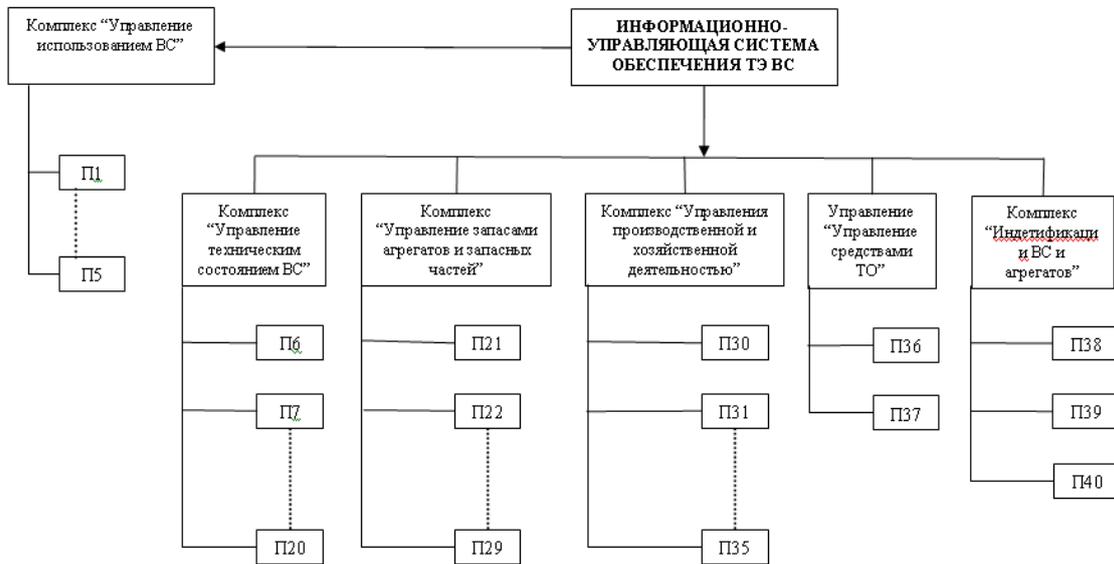


Рис. 3. Структура ИУС по ГОСТ Р-50596-93

Комплекс «Управление использованием ВС» решает задачи производственно-диспетчерского отдела: краткосрочное и долгосрочное планирование, составление расписаний движения ВС. Комплекс «Управление техническим состоянием ВС» предназначен для определения и учета технического состояния основных изделий и их агрегатов, выдачи информации необходимой для проведения ТОиР, определения полного объема работ по ТОиР ВС. Комплекс «Управление запасами агрегатов и запасных частей» обеспечивает автоматизацию информационных процессов, связанных с контролем наличия, движения и формирования фондов запасных частей. Комплекс «Управление производственной и хозяйственной деятельностью» предназначен для управления организационной структурой предприятия, занимающегося ТОиР. Комплекс «Управление средствами ТОиР» решает задачи по учету состояния и по формированию комплектов средств выполнения ТОиР. Комплекс «Идентификация ВС и агрегатов» обеспечивает согласованное функционирование всех подсистем ИУС.

Несмотря на определенные успехи в создании ИУС, поддерживающих эксплуатацию ВС, в настоящее время в области информационных технологий появились новые тенденции, требующие пересмотра в подходах по созданию ИУС для эксплуатационных предприятий. В-первых, необходимо, чтобы ИУС эксплуатации ВС были интегрированы с ИУС, которые используются на этапах разработки и производства

ВС. Во-вторых, при создании ИУС целесообразно использовать проверенные «коммерческие» программные решения, которые адаптированы как к различным типам ВС, так и к международной нормативной базе. В-третьих, информационное обеспечение должно в большей мере способствовать решению технических задач эксплуатации. При этом применение информационных технологий, направленных на совершенствование процесса технической эксплуатации АТ, должно учитывать следующие особенности современного этапа развития АТ:

- увеличение количества и сложности применяемых изделий в составе АТ;
- постоянство изменений и модификаций систем и агрегатов АТ, что требует внесение изменений в техническую и технологическую документацию;
- увеличение номенклатуры и уменьшение сроков освоения новых изделий АТ, которое требует повышения квалификации обслуживающего и ремонтного персонала и его быстрое переучивание;
- развития автоматизированных средств диагностики и контроля как встроенных (бортовых систем встроенного контроля и диагностики), так и используемых в центрах ТО и Р.

Построение информационного обеспечения эффективной системы технической эксплуатации, основанной на безбумажном обмене информацией с учетом выше перечисленных тенденций, возможно с использованием CALS-технологий.

В середине 80-х годов прошлого века создание концепции CALS в интересах министерства обороны США было вызвано необходимостью повышения эффективности управления и сокращения затрат на информационное взаимодействие между государственными учреждениями и коммерческими предприятиями при поставках вооружений и военной техники. В настоящее время идея CALS сформировалась в целое направление в области ИТ и оформилась в виде стандартов ИСО, национальных (государственных) стандартов США и нормативных документов министерства обороны США. Русскоязычный аналог понятия CALS формируется в нормативных документах принятых в РФ как «Информационная поддержка процессов жизненного цикла изделий», сокращенно – ИПИ. Суть концепции CALS/ИПИ состоит в применении принципов и технологий информационной поддержки на всех стадиях жизненного цикла продукции, основанной на использовании интегрированной информационной среды (ИИС), в которой обеспечиваются единообразные способы управления процессами взаимодействия всех участников этого цикла: заказчика продукции, поставщиков (производителей) продукции, сервисных и ремонтных организаций. Эти принципы и технологии реализуются в соответствии с требованиями международных стандартов регламентирующих правила управления и взаимодействия преимущественно посредством электронного обмена данными.

Основное предназначение информационных технологий авиационной отрасли – совершенствование управления бизнес-процессами не только на стадии разработки и производства, но и на этапе эксплуатации. Внедрение CALS-технологий на протяжении всего жизненного цикла (ЖЦ) АТ приведет к совершенствованию как процессов конструирования и производства, так и процесса ТО и Р технической эксплуатации. Передовые авиационные компании стремятся облегчить доступ к технической документации и запасным частям путем заказа в режиме реального времени, что значительно повышает эффективность ТО и Р и материально-технического обеспечения. Активная конкуренция со стороны зарубежных производителей АТ, а также тенденция к расширению кооперационных связей с зарубежными производителями приводят к необходимости ускорять процесс внедрения информационных технологий на отечественных предприятиях авиационной отрасли. Потенциальных заказчиков авиационной продукции интересуют не только высокие технические характеристики продукции, но и качество

послепродажного сопровождения этой продукции на этапе эксплуатации.

Анализ современных методов и технологий информационного обеспечения единого процесса создания и производства АТ, направленного на увеличения эффективности современной системы эксплуатации АТ, выявил следующие основные организационно-технологические процессы, которые должны быть внедрены на начальных этапах создания для обеспечения эффективной системы послепродажной поддержки АТ:

- интегрированная компьютеризация;
- единая информационная среда, интеллектуальная компьютерная среда в электронной форме для всех участников ЖЦ;
- полное электронное определение изделий;
- применение передовых информационных технологий, программных и аппаратных средств;
- использование международных стандартов в области информационных технологий;
- информационная модель ресурсов;
- виртуальные предприятия;
- обеспечение информационной безопасности, регламентируемый доступ;
- обеспечение экономически-эффективного внедрения мероприятий в области информационных технологий.

В соответствии с концепцией CALS/ИПИ информационные технологии распространяются на все основные этапы ЖЦ изделия АТ, а именно: при создании научно-технического задела, проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ; оценке технического уровня изделия; маркетинге с соответствующим бизнес планом; проектировании конструкций; технологической подготовке производства; организации и управления серийным производством; материально-техническим снабжением; летных испытаниях и исследованиях; сертификации; эксплуатации, гарантийном и постгарантийном обслуживании, ремонте, устранении неисправностей, модернизации, капитально-восстановительном ремонте, демонтаже и утилизации изделий; непрерывной подготовке кадров (рис. 4).

Проектное управление процессом создания, производства и организации системы послепродажной поддержки вновь создаваемого АТ изначально формируется на основе последовательно уточняемой конструкторской и производственно-технологической структуры изделия, поддерживаемой в системе PDM (Product Data Management). PDM-система выполняет функции возложенные на комплекс «Управление техническим состоянием ВС», а также часть функций комплекса «Идентификация ВС и агрегатов».

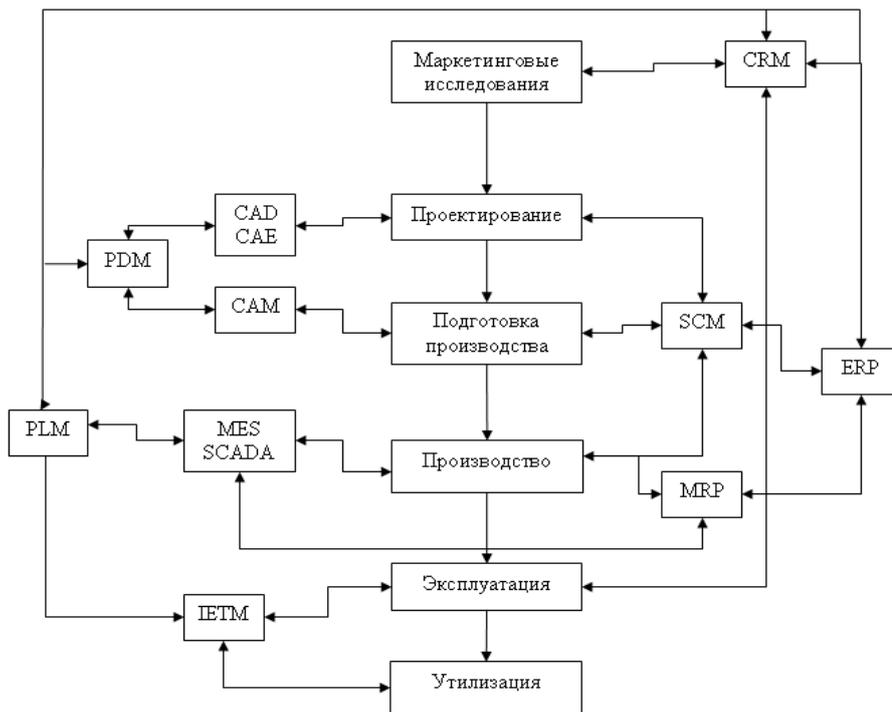


Рис. 4. Связь программных продуктов с ЖЦ изделия

Данные в PDM-систему поступают:

а) на этапе проектирования из CAD-систем, цель которых создание трехмерных моделей, оформление чертежей и текстовой конструкторской документации. В CAE-системах производятся инженерные расчеты (начиная от расчетов на прочность, анализа систем до гидравлического расчета систем, расчетов процесса литья) в которых используется модель, созданная в CAD-системе.

б) На этапе подготовки производства из CAD-системы модель загружают в CAM-систему, где происходит проектирования обработки изделий на станках с числовым программным управлением (ЧПУ) и выдачи программ для этих станков (фрезерных, сверлильных, эрозионных, пробивных, токарных, шлифовальных и др.).

Синхронизация, координация, анализ и оптимизация выпуска продукции на этапе производства осуществляется с помощью системы MES (Manufacturing Execution System). При помощи SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) разрабатывают программное обеспечение систем управления технологическими процессами в реальном времени (АСУ ТП) и удаленного сбора данных.

Поскольку в настоящее время также наблюдается тенденция усиления конкуренции между компаниями, осуществляющими ТОиР АТ, и производителями запасных частей и компонентов в сфере предоставления услуг по техническому обслуживанию АТ авиакомпаний, производители наращивают усилия по продаже их изделий в пакете с системой послепродажной

поддержки. Чтобы управлять этим процессом производители нуждаются в специализированных программных продуктах. Таких, например, как системы управления интерактивными электронными техническими руководствами (ИЭТР/ИЕТМ), которые играют важную роль на этапе послепродажного обслуживания. ИЭТР также является средством доступа эксплуатирующей организации к единому информационному пространству.

Организационно-технической системой обеспечивающей управление всей информацией об изделии и связанных с ним процессах на протяжении всего его жизненного цикла, начиная с проектирования и производства до снятия с эксплуатации является система PLM (Product Lifecycle Management). При этом в качестве изделий могут рассматриваться различные сложные технические объекты (корабли и автомобили, самолеты и ракеты, компьютерные сети и др.). Система управления взаимодействием с клиентами CRM-система (Customer Relationship Management) – корпоративная информационная система, предназначенная для улучшения обслуживания клиентов путём сохранения информации о клиентах и истории взаимоотношений с клиентами, установления и улучшения бизнес-процедур на основе сохранённой информации и последующей оценки их эффективности. Функции системы это маркетинговые исследования, анализ продаж и обеспечение сервисного обслуживания.

ERP-система (Enterprise Resource Planning System) – корпоративная информационная система, предназначенная для автоматизации учёта и управления. Основные функции ERP систем: ведение конструкторских и технологических спецификаций, определяющих состав производимых изделий, а также материальные ресурсы и операции, необходимые для его изготовления; формирование планов продаж и производства; планирование потребностей в материалах и комплектующих, сроков и объемов поставок для выполнения плана производства продукции; управление запасами и закупками: ведение договоров, реализация централизованных закупок, обеспечение учета и оптимизации складских и цеховых запасов; планирование производственных мощностей от укрупненного планирования до использования отдельных станков и оборудования; оперативное управление финансами, включая составление финансового плана и осуществление контроля его исполнения, финансовый и управленческий учет; управления проектами, включая планирование этапов и ресурсов, необходимых для их реализации. ERP-система выполняет функции комплексов: «Управление использованием ВС», «Управление запасами агрегатов и запасных частей», «Управление производством и хозяйственной деятельностью» и также совместно с PDM-системой решает задачи комплекса «Идентификация ВС и агрегатов» (рис. 3 и 4).

Автоматизация, управление всеми этапами снабжения и контроль всего товародвижения предприятия, а также планирование производства и запасов на этапах проектирования, подготовки производства и производства обеспечивается при помощи компьютерных методологий, а именно SCM-систем (Supply Chain Management) и MRP-систем (Material Requirement Planning). SCM- и MRP-системы, входящие зачастую в состав ERP-систем, выполняют роль комплекса «Управление средствами ТООП» (рис. 3 и 4).

Проанализировав возможность использования CALS-технологий на всем ЖЦ изделия и рассмотрев их функции, можно сделать вывод, что CALS-технологии соответствуют всем составляющим ГОСТ Р-50596-93, но в отличие от системы «ЭРЛАН-2» соответствуют не только российским, но и международным стандартам, а также имеют дополнительные составные компоненты, которые позволят эксплуатирующим предприятиям эффективнее осуществлять процедуры по ТООП. Использование CALS-технологий позволяет интегрировать между собой конструкторские, технологические и эксплуатационные данные в единую базу, что

исключит частое копирование одних и тех же данных, сводя возможность появления ошибки при переносе к минимуму. Для возможности применения CALS-технологий при создании эффективных систем поддержки ТООП, как специализированных систем, необходимо решение комплекса научно-технических задач, что требует создания интеллектуальной системы, в которой реализуется взаимодействия между дискретной совокупностью (множеством) оперативных элементов, представляющих составляющие элементы этой системы.

Построение специализированной системы ТООП требует формирования, прежде всего, специального языка ТООП, в основу которого должны быть положены: базовое множество понятий (БМП); базовое множество отношений (БМО). На основе БМП и БМО должна быть сформирована базовая сфера знаний, которая строится, в рамках предлагаемых программных комплексов, используемых для реализации поддержки ТООП.

Рассматривая ТООП как оперативную систему, представляющую, как указано выше, дискретную совокупность элементов необходимо создание базовой сферы знаний для конкретного ВС. Тогда понятие оперативной системы будет эквивалентно базовой сфере знаний, которая в свою очередь является расширением понятия дискретной ситуационной сети. При этом оперативная задача для систем такого типа может, охарактеризована как базовая сфера знаний, для которой задана функция цели.

Стратегия, формируемая в результате работы модели экстраполяции для реализации функции цели, представляет собой последовательность трансформационных преобразований исходной базовой сферы знаний в базовую сферу знаний, удовлетворяющую этой цели. Для реализации такой стратегии необходимо разработка системы моделей:

- модели описания статических отношений;
- модели описания ситуационных отношений;
- модели обобщения понятий;
- модели экстраполяции ситуаций.

**Выводы:** методы нахождения решений в проблемных ситуациях, в частности, для эффективного управления ТООП, основываются на порождающих моделях, могут быть реализованы в специализированных экспертных системах. Для возможности применения CALS-систем при создании эффективных ИУС ТООП АТ необходимо рассмотреть их на соответствие российским и международным стандартам и выработать критерии оценки взаимодействия программных продуктов с пользователем с точки зрения обеспечения эффективной системы эксплуатации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. *Далецкий, С.В.* Формирование эксплуатационно-технических характеристик воздушных судов гражданской авиации. – М.: Воздушный транспорт, 2005. 416 с.
2. Техническая эксплуатация летательных аппаратов. Под ред. *Смирнова Н.Н.* – М.: Транспорт, 1990. 423 с.
3. *Смирнов, Н.Н.* Обслуживание и ремонт авиационной техники по состоянию / Н.Н. Смирнов, А.А. Ицкович. – М.: Транспорт, 1987. 272 с.
4. *Железнов, Ж.И.* Об одном классе больших систем / *Ж.И. Железнов, Д.А. Поспелов* // Известия АН СССР. Техническая кибернетика. 1970. №2. С. 49-52.

**CURRENT IDEAS ABOUT THE ORGANIZATION  
INTERACTIONS IN TECHNICAL MAINTENANCE  
SYSTEM OF AIRCRAFT EQUIPMENT**

© 2014 Yu.V. Kiselyov, D.Yu. Kiselyov

Samara State Aerospace University named after academician S.P. Korolyov

In article the approaches in information support of maintenance and repair process of aircraft equipment and possibility of use in this aspect the CALS technologies are described.

Key words: *maintenance and repair system, management information system, informational technologies, life cycle*

---

*Denis Kiselyov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor at the Aircraft Maintenance Department. E-mail: eat@inbox.ru*

*Yuriy Kiselyov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor at the Aircraft Maintenance Department. E-mail: zamivt@ssau.ru*