

Платовский просп., 101, г. Новочеркасск, 346400, Россия,
agdushenko@gmail.ru, darestov@yandex.ru);

А.Г. Котов, начальник отдела; Е.Б. Горбачев, инженер
(Ракетно-космическая корпорация «Энергия» им. С.П. Королева,
ул. Ленина, 4а, г. Королев, 141070, Россия, alexander.kotov@sfc.ru)

С учетом результатов анализа и исследования существующей системы методического обеспечения сформированы цели, принципы, общая архитектура, функциональные особенности и основные требования к созданию новой multifunctional информационной системы поддержки деятельности экипажей Российского сегмента МКС. Сценарием функционирования космического объекта является детальный план полета, создаваемый на каждый день с помощью распределенной международной системы планирования. Основной целью информационного обеспечения экипажа и наземной группы сопровождения является оперативное предоставление необходимой методической и управляющей информации в нужное время и на доступном терминале. Для этого предложен проект модуля интерфейса пользователя, а именно механизм отображения и использования бортовых интерактивных инструкций по действиям экипажей на борту Российского сегмента МКС. Сформулированы требования этого приложения, создан и исследован в процессе космического эксперимента прототип. Применение технологий XML позволяет добиться актуальности предоставляемого контента на основе принципа единого источника информации. Виртуальные интерактивные руководства с широким использованием мультимедийной информации резко изменили восприятие и понимание предоставляемой информации. Интегрированность наземного и бортового комплексов multifunctional информационной системы в корпоративную систему РКК «Энергия» позволила повысить уровень информационного обеспечения и эффективность деятельности космического комплекса в целом.

Ключевые слова: бортовая документация, бортовой детальный план полета, полетные процедуры, XML, полетные операции, оперативный терминал пользователя.

MULTIFUNCTIONAL CREW ACTIVITY SUPPORT INFORMATION SYSTEM

*Dushenko A.G., associate professor, Ph.D., deputy head of department; Arestov D.S., head of sector
(Don Branch of the Space Simulator Center, Platovsky Av., 101, Novocherkassk, 346400, Russia,
agdushenko@gmail.ru, darestov@yandex.ru, darestov@yandex.ru);*

*Kotov A.G., head of department; Gorbachev E.B., engineer
(RSC «Energia», Lenina St., 4a, Korolev, 141070, Russia, alexander.kotov@sfc.ru)*

Abstract. The paper forms the objectives, principles, common architecture, functional features and the basic requirements to creating a new multifunctional information system of the RS ISS crew activities support, based on the results of analysis and research of the methodical ware existing system. The space object performance script is the detailed daily flight plan that is created using a distributed international planning system. The main purpose put in the crew and ground support group information ware is the timely provision the user with the necessary methodical and control information at the right time in an accessible terminal. To do this, a user interface module project is offered. It is the mechanism of mapping and using on-board interactive instructions on ISS RS crew actions. The requirements for this application are defined, a prototype is created and studied during the space experiment. Using XML technology allows achieving relevance of provided content based on a single source of information. Virtual interactive guides widely using multimedia information changed information perception and understanding. Integration of ground and onboard facility with MIS in RSC "Energia" corporate system allowed raising the level of information support and the space system efficiency.

Keywords: on-board documentation, on-board short timeline plan, flight procedures, XML, flight activity, personal terminal.

Опыт пилотируемых полетов показал необходимость и эффективность постоянной методической, технологической и информационной поддержки деятельности членов экипажей.

В существующей системе методического обеспечения основным средством отображения информации является бортовая и оперативная документация – комплект инструкций, регламентирующих действия экипажей по управлению служебными системами и целевыми нагрузками. Бортовая документация разработана с использованием специальных приемов представления информации, основная цель и назначение которых в том, чтобы максимально сжато выразить смысл в тексте бортовых инструкций [1].

Для формирования бортовой документации используются средства, которые позволяют компоновать методический материал, применяя стандартизованные обозначения и условные символы,

схемы, рисунки, таблицы, фотографии, экранные форматы с поясняющими надписями и ссылками.

Существующая система информационного обеспечения деятельности экипажа показала свою эффективность и надежность. Это в значительной степени определяется тем, что создаваемая документация является хорошо структурированной, полной и достаточной.

При разработке таких инструкций ставятся следующие задачи:

- получение и обработка исходных данных, предоставляемых проектными и кураторскими подразделениями;
- разработка инструкций на основе исходных данных;
- согласование и отработка бортовой документации на стендах и тренажерах;
- корректировка документации по результатам отработки и согласования;

- подготовка летных версий документации;
- корректировка документации по результатам летных испытаний и эксплуатации.

Для их решения в рамках разработки *многофункциональной информационной системы* (МИС) необходимо предусмотреть создание наземного комплекса, который должен функционально обеспечить разработку и сопровождение инструкций в электронном виде.

Оператор системы при разработке электронных процедур использует программный комплекс с полным набором инструментов. Для оптимизации работы исходные данные, получаемые в электронном виде (фото, видео, 3D), должны импортироваться в систему, после чего оператор производит их корректировку и интегрирует в тело инструкций.

Бортовая документация *Международной космической станции* (МКС) – это около 30 книг толщиной 3 см каждая, которые все время меняются. Инструкция для космонавта может выглядеть так:

- выполнить три действия из книги 1-й на странице пять;
- перейти в книгу 8-ю и сделать четыре пункта;
- потом опять вернуться в книгу 1-ю.

Из-за сложности действий навигации по документации возникают ошибки, уходит много времени.

Целью создания МИС поддержки деятельности экипажа является решение задачи методического обеспечения действий экипажа на основе создания программно-технического комплекса, обеспечивающего формирование, поддержку в актуальном состоянии и использование на борту МКС электронных версий бортовой документации в удобном для пользователя формате. Для этого всю бортовую документацию необходимо сформировать в виде структурированного электронного руководства, обеспечивающего предоставление методической и технологической информации конкретному пользователю в нужное место и время. В качестве сценария функционирования комплекса целесообразно использовать информацию бортового детального плана полета.

В составе МИС должны быть созданы два комплекса: наземный и бортовой (см. рис. 1).

Наземный комплекс обеспечивает поддержку в актуальном состоянии версий инструкций бортовых процедур и их взаимосвязей, оперативную разработку и корректировку переменной информации для бортовых процедур, управление обменом информацией с бортовым комплексом МИС и синхронизацию данных в бортовом и наземном комплексах, интегрированность в информационные системы корпорации.

Наземный комплекс разрабатывается, исходя из технологии оперативного формирования актуального документа по принципу единого источ-

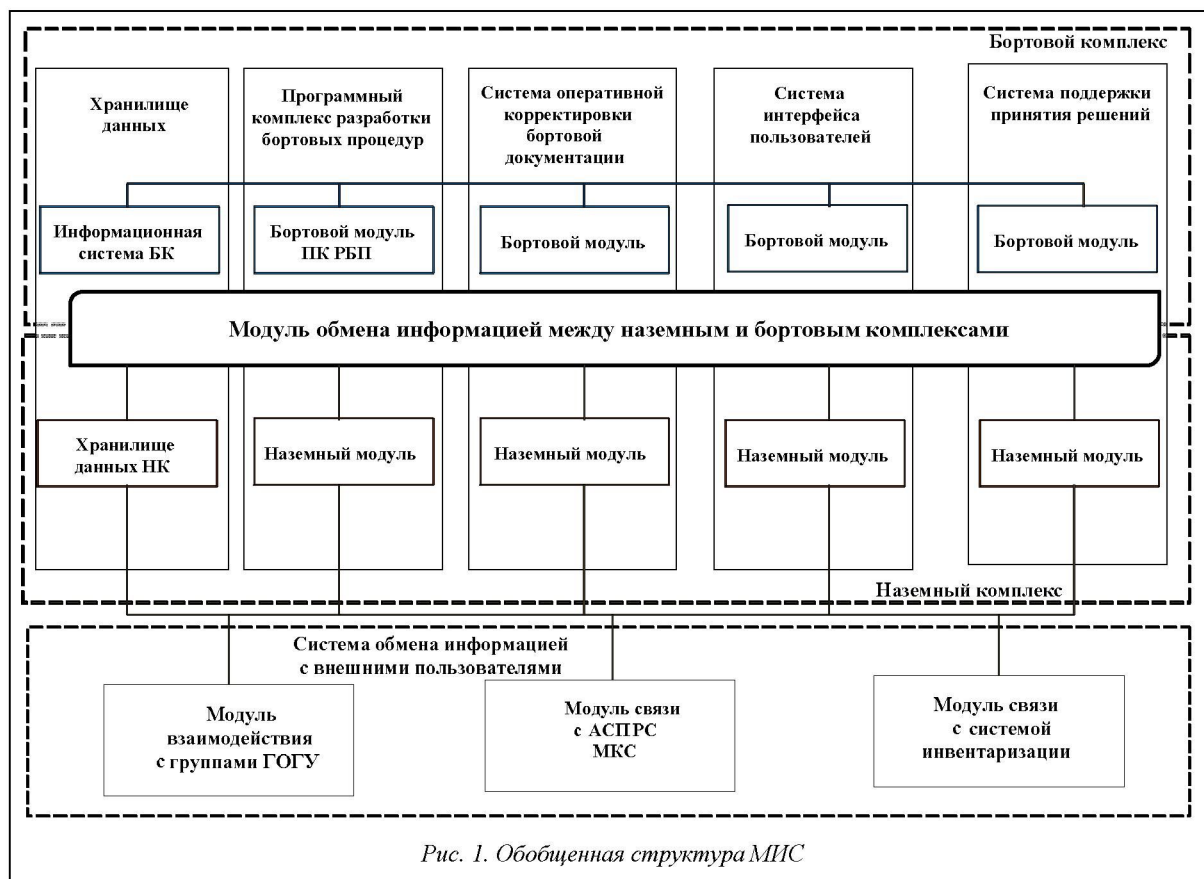


Рис. 1. Обобщенная структура МИС

ника на основе использования корпоративных систем Windchill и Arbortext, с учетом информационного взаимодействия с информационными системами предприятия заказчика.

Бортовой комплекс должен обеспечивать хранение на борту МКС электронной бортовой документации, быстрый поиск необходимой информации на базе использования связей процедур с бортовым планом полета и между собой, а также отображение информации экипажу с учетом ранее выполненных и выполняемых в текущий момент времени операций.

В результате создания и внедрения МИС поддержки деятельности экипажа должны быть реализованы следующие задачи:

- повышение качества, полноты, надежности и удобства использования методического обеспечения экипажей космических станций и транспортных кораблей на основе предоставления в электронном виде информационных данных, необходимых для безошибочного и безопасного выполнения заданной программы полета с использованием программно-технических средств;
- повышение оперативности доступа к любому фрагменту бортовой документации (описанию процедуры) за счет использования гипертекстовых ссылок и наличия связей с детальным планом полета;
- совершенствование процесса поддержания в актуальном состоянии всего массива бортовой документации с использованием информационной системы корпорации;

– идентичность электронных версий бортовой документации и планов полета в бортовой и наземной частях МИС.

Для обеспечения выполнения указанных задач необходимо создать средства, позволяющие формировать, хранить в БД и отображать структурно упорядоченную информацию, обеспечивающую информационную поддержку работы членов экипажа на всех этапах полета.

При создании МИС поддержки деятельности экипажа должны быть реализованы следующие основные принципы:

- технические, методические, информационные и общесистемные программные средства всех серверных и клиентских комплексов должны быть однотипны и совместимы, то есть унифицированы;
 - МИС должна иметь функционально-модульную структуру с возможностью разработки и дополнения или замены отдельных модулей с целью расширения функциональных возможностей.
- МИС должна быть открытой системой. Необходимо предусматривать возможность наращивания системы с учетом перспектив развития МКС (дооснащение станции новыми модулями, увеличение количества и типов грузовых и пилотируемых кораблей, продление срока эксплуатации, увеличение численного состава экипажа МКС). На основе проводимых разработок, исходя из требования открытости системы и функциональных требований, предложен программно-технический комплекс МИС (см. рис. 2).

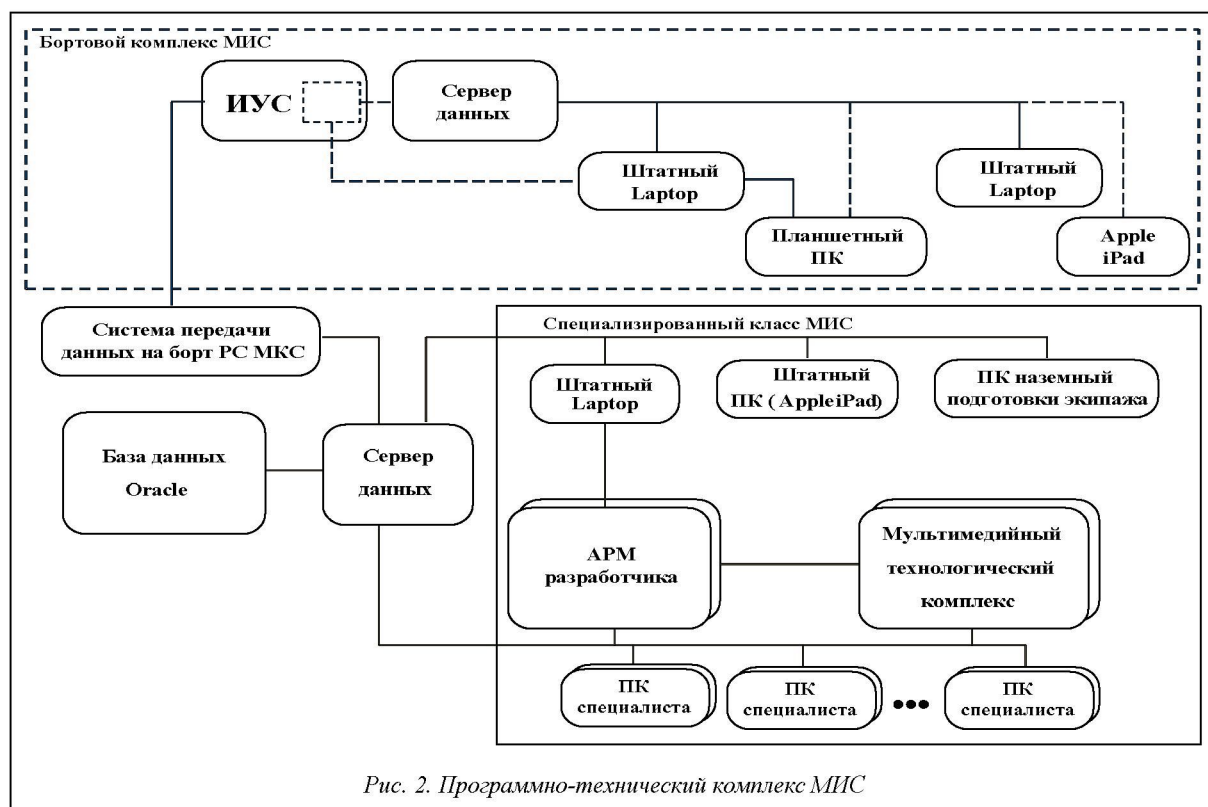


Рис. 2. Программно-технический комплекс МИС

Создаваемый комплекс обеспечивает разработку, сопровождение и управление многоуровневой электронной бортовой документацией, автоматическое внесение переменной информации в бортовые процедуры, быстрый поиск информации на базе использования связей процедур с бортовым планом полета и между собой, связь с фотобазой и системой инвентаризации, выполнение логических задач для принятия решений.

При создании нового программного комплекса разработки бортовых процедур необходимо осуществлять фрагментацию материала и формирование гиперсвязей, обеспечивающих возможность такой компоновки материала, чтобы, во-первых, осуществить его привязку к детальному плану полета, во-вторых, компактно, понятно и полно представить нужную в текущий момент информацию, и в-третьих, при выполнении комплексной полетной операции объединить материалы из разных разделов бортовой документации и радиограмм.

Решения, принимаемые в процессе создания МИС, должны обеспечивать корректное представление бортовой документации, идентичность и одновременность проведения всех изменений в наземном и бортовом комплексах, в частности, при введении новых систем и режимов работы оборудования, изменении методики проведения экспериментов и медицинских обследований, при реализации предложений экипажа и специалистов, исправлении ошибок и т.д.

Построение структуры БД полетных процедур требует обеспечения основных принципов организации хранилищ:

- проблемно-предметная ориентация; данные объединяются в категории и хранятся в соответствии с областями, которые они описывают;
- целостность данных; изменение одних объектов автоматически влечет соответствующее изменение других связанных с ними объектов.

Средства структурирования и хранения всего массива бортовой документации должны обеспечивать возможность использования информации различного характера (тексты, рисунки, схемы, таблицы, графики, звуковые, видеофайлы и файлы с флэш-анимацией, упакованные в SWF или FLV форматы и т.д.), в том числе сформированные программным комплексом формирования и использования электронных версий бортовых полетных процедур, а также переносимые из внешних источников.

Программный комплекс разработки бортовых процедур строится по принципу конструктора: из кирпичиков набирается требуемая конфигурация. В качестве кирпичиков могут использоваться элементарные действия, любые операции и стадии выполняемой полетной процедуры.

В МИС реализуются требования по разработке бортовой документации в виде последовательно-

стей выполнения процедур (в соответствии со стандартами бортовой документации SSP-50253), предназначенных для выполнения отдельных операций, по обеспечению связей процедур с бортовым планом полета и между собой, по решению логических задач для обеспечения принятия решений экипажем и непрерывному сопровождению бортового комплекса МИС наземным контуром управления.

Бортовая документация МКС (ODF) представляет собой совокупность процедур (в данном документе процедур ODF) и справочной информации. Процедура ODF – это совокупность инструкций, используемых для решения определенных задач специально подготовленным персоналом, например операторами ЦУП и экипажем на борту, а также бортовым ПО, исполняющим процедуры. Решение указанных задач необходимо для управления работой и технического обслуживания систем станции, оборудования полезной нагрузки и пристыкованных космических аппаратов как в штатных, так и в нештатных условиях.

Стандартизация формата процедур, используемых международным экипажем на борту МКС, необходима в целях достижения согласованности, так как экипаж переходит из модуля в модуль и от одного вида деятельности к другому. Здесь рассматриваются стандарты на разработку процедур ODF, которые должны соблюдаться всеми участниками программы.

Дерево операций является основным системообразующим элементом, к узлам которого привязывается вся информация. В целях стандартизации описания, выделения состава типовых модулей и организации информационных связей в системе предлагается ввести следующую структуру классов объектов.

Элементарным объектом является действие – любая одиночная операция, зафиксированная в бортовой документации.

Следующим модулем, в котором агрегируется совокупность действий одного уровня, последовательно реализуемых в рамках выполняемой процедуры, является шаг соответствующего уровня, иначе говоря, шаг – это неделимый (законченный) набор элементарных действий.

Более крупным образованием может быть процедура – совокупность действий и шагов.

Реализация указанных принципов построения системы должна обеспечить, с одной стороны, более удобное первичное формирование бортовой документации, с другой – ее более удобное использование экипажем на борту МКС за счет выборки и предоставления пользователю самой необходимой в текущий момент оперативной информации.

Основные функциональные задачи МИС:

- автоматизация процессов формирования и ведения распределенного информационного хра-

нилища электронных гипертекстовых версий бортовой документации и справочных материалов;

- предоставление эффективных и удобных средств поиска необходимых данных в хранилище и решения логических задач для оперативного принятия решений;
- удобный интерфейс экипажа с системой;
- разработка и корректировка информационных данных в части бортовой документации и оперативных данных (радиограмм) в максимально удобной для экипажа форме;
- внесение оперативной (изменяющейся) информации в бортовые процедуры;
- обмен данными с базой хранения архивной документации *Ракетно-космической корпорации* (РКК) «Энергия»;
- обмен данными со специалистами *главной оперативной группы управления* (ГОГУ).

В состав МИС входят наземный и бортовой комплексы.

Наземный комплекс обеспечивает разработку бортовых процедур и их взаимосвязей, оперативную разработку переменной информации для бортовых процедур, управление обменом информацией с бортовым комплексом и синхронизацию данных в бортовом и наземном комплексах, обеспечение взаимодействия с информационной системой корпорации.

Специализированный стенд подготовки и разработки бортовых процедур включает четыре комплекса:

- комплекс разработки бортовой документации по служебным системам РС МКС, *транспортного пилотируемого корабля* (ТПК), *транспортного грузового корабля* (ТГК);
- комплекс разработки и корректировки бортовых процедур по целевым нагрузкам и медицинскому обеспечению;
- комплекс разработки и корректировки бортовых процедур по *внекорабельной деятельности* (ВКД), техническому обслуживанию и ремонту;
- комплекс для оперативной разработки процедур (радиограмм) и сопровождения в полете.

В целях отработки информационных средств сопровождения деятельности экипажа в состав каждого комплекса специализированного стенда дополнительно включены наборы планшетных компьютеров с операционной системой Windows, с операционной системой iOS (iPad new), а также компьютер с операционной системой MacOS (Apple iMac 21,5"), маршрутизатор с беспроводным доступом.

Все автоматизированные рабочие места комплексов стенда имеют доступ к *локальной вычислительной сети* (ЛВС) предприятия и ЛВС ГОГУ. Все программные средства, задействованные в работе МИС, совместимы с программными средствами ЛВС ГОГУ и РКК «Энергия».

Бортовой комплекс обеспечивает управление многоуровневым хранилищем электронной бортовой документации, быстрый поиск информации на базе использования связей процедур с бортовым планом полета и между собой, в перспективе – связь с фотобазой и системой инвентаризации, выполнение логических задач для принятия решений.

В состав наземной части МИС входят следующие модули:

- хранилище данных (структурированная БД полетных процедур);
- программный комплекс разработки бортовых процедур, включающий инструментальный блок, редактор инструкций, редактор интерфейса пользователя;
- система оперативной корректировки бортовой документации;
- система интерфейса пользователей (система отображения информации на терминалах пользователей);
- система поддержки принятия решений (наземный модуль);
- система обмена информацией с внешними комплексами.

В составе системы обмена информацией с внешними комплексами предусматривается создание модулей обмена информацией между наземным и бортовым комплексами, взаимодействия с группами ГОГУ, связи с автоматизированной системой планирования РС МКС, а также связи с другими информационными системами.

При выполнении функций архивирования данных, версионирования и поиска информации необходимо реализовать следующее:

- поддержку процедур согласования, утверждения, хранения и передачи в архив электронной бортовой документации, используя действующую информационную систему предприятия;
- организацию удобного администрирования при использовании единого интерфейса;
- создание и сохранение критериев выбора объектов, подлежащих архивированию при помощи специального мастера;
- архивирование и восстановление информации, связанной с бортовой документацией;
- поддержку различных данных: файлов, документов, узлов, представлений и т.д.;
- составление расписания архивирования данных;
- учет связи данных с информацией из различных систем и исключение конфликтов при архивировании;
- организацию интуитивно понятного интерфейса при поиске и восстановлении данных.

Поиск информации производится по множеству критериев (описанию документов) как среди актуальных документов, так и в архиве.

Программный комплекс разработки бортовых процедур обеспечивает возможность в короткое время интегрировать в единый документ различные информационные фрагменты, в частности, объединять заранее подготовленную типовую часть планируемой процедуры с текущими данными, уточняющими порядок выполнения, параметры настройки и другие сведения, необходимые для выполнения операции [2].

Программный комплекс разработки бортовых процедур обеспечивает удобный интерфейс пользователя и ориентирован на пользователя ПК со знаниями MS Windows, MS Office, не имеющего специальной подготовки в области программирования. Интерфейс комплекса включает набор инструментов, позволяющий производить форматирование текстового и графического материала при разработке и корректировке электронной бортовой документации. В пользовательском интерфейсе комплекса предусмотрены наборы символов, шрифтов, таблиц и шаблонов, использующихся при разработке существующей бортовой документации с учетом стандартов ODF.

Модуль интерфейса пользователя (МИП) обеспечивает интерактивное информационное взаимодействие оператора при работе с электронной версией бортовой документации в соответствии с ГОСТ Р 50.1.029-2001.

Необходимо предусмотреть следующие режимы взаимодействия оператора и информационного комплекса в рамках МИП: произвольный просмотр (ознакомление), интерактивная работа в процессе выполнения полетной операции, воспроизведение документированной сессии.

Информация в хранилище МИП структурирована по разделам (библиотека, книги, процедуры, действия). Для их воспроизведения МИП строится в многооконном варианте с распределением информации по типам окон с реализуемыми функциями (см. рис. 3).

В окне Библиотека воспроизводится дерево структуры бортовых документов; фокус дерева устанавливается на выбранный оператором раздел, обеспечивая контроль содержимого этого раздела.

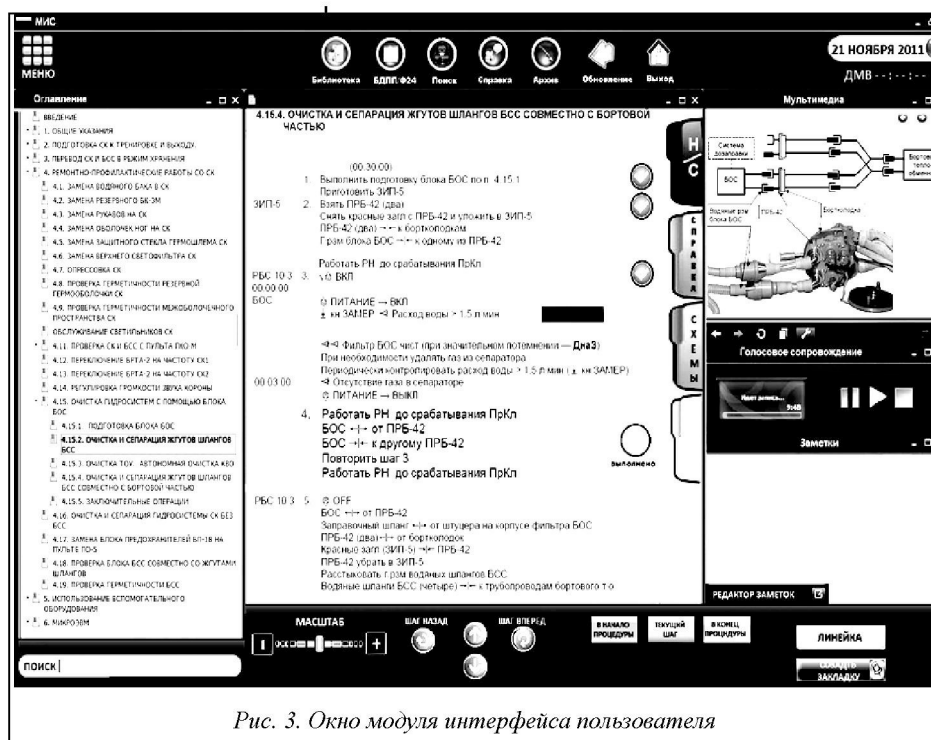


Рис. 3. Окно модуля интерфейса пользователя

Окно *Оглавление* отображает содержание выбранной бортовой инструкции и ее внутренней структуры.

В окне *Процедура* выводится информация о выполняемых действиях в соответствии с текстом бортовой инструкции.

Отображение справочной информации (справки, сообщения, комментарии, видеосюжеты, графика) производится с учетом возможности реализации режимов обязательной справки, фокус-справки, запроса. Обязательная справка автоматически выводится в отдельном справочном поле в зависимости от ситуации и выполняемого действия. Фокус-справка выводится при наведении курсора на конкретную позицию; выход из фокус-справки осуществляется автоматически при снятии курсора с информационной позиции.

Окно *Мультимедиа* обеспечивает сопровождение текстового содержания набором необходимых медиа-элементов, которые выводятся с использованием виртуальных органов навигации. Виртуальные органы управления МИП позволяют осуществлять следующее:

- работу с каталогами в перечисленных окнах;
- связь МИП с бортовым детальным планом полета;
- доступ к архиву вспомогательной информации;
- выбор логических решений Да–Нет;
- подтверждение выполнения операции;
- регулировку громкости дикторских комментариев;
- управление встроенными приложениями.

Программными средствами МИП реализована функция переключения с русскоязычных на соответствующие англоязычные процедуры и наоборот. Интерфейс системы реализован на русском языке.

Система оперативной корректировки бортовой документации обеспечивает автоматическое внесение переменной информации в бортовые процедуры, сформированные на базе программного комплекса разработки бортовых процедур. При этом базовые процедуры, которые хранятся в БД, не изменяются.

В процессе разработки оперативной документации происходят автоматическая регистрация документа в системе, выдача и присвоение ему порядкового номера, наименования, даты создания и даты вступления и окончания действия. Возможность выдачи ошибочных индивидуальных атрибутов при регистрации оперативных данных в условиях многопользовательского режима исключена.

Обеспечена связь между системами МИС и АСП. В системе интерфейса бортового плана полета АСП предусмотрены средства для отображения информации об используемых версиях электронной бортовой документации.

Программные средства МИС обеспечивают возможность обработки получаемых запросов от модуля БДПП системы АСП и выдачи соответствующих форматов для представления сформированной информации членам экипажа.

Созданная с использованием изложенных принципов и решений МИС позволяет достичь поставленных целей и обеспечить гибкую и своевременную поддержку запланированной согласованной деятельности членов экипажей и наземных групп сопровождения полета.

Литература

1. Соловьев В.А., Лысенко Л.Н., Любинский В.Е. Управление космическими полетами: учеб. пособие: в 2 ч.; [под общ. ред. Л.Н. Лысенко]. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2009.
2. Лотов В., Моругин А., Перенков С. Интерактивные электронные технические руководства для персонала АЭС: опыт создания, перспективы развития // CLUB 3D: Инновационное проектирование. 2011. № 4.

References

1. Solovyov V.A., Lysenko L.N., Lyubinsky V.E., *Upravlenie kosmicheskimi poletami* [Spaceflights control], Part 1, Moscow, BMSTU, 2009.
2. Lotov V., Morugin A., Perenkov S., *CLUB 3D: Innovatsionnoe projektirovanie* [Club 3D. Innovative engineering design], 2011, no. 4.

УДК 004.584+004.031.42

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В АВАРИЙНЫХ СИТУАЦИЯХ

М.М. Матюшин, начальник отдела

*(Ракетно-космическая корпорация «Энергия» им. С.П. Королева,
ул. Ленина, 4а, г. Королев, 141070, Россия, matushin@gmail.com);*

С.И. Потоцкий, к.т.н., профессор, начальник отдела;

В.И. Потапов, зам. начальника отдела

*(Донской филиал Центра тренажеростроения, Платовский просп., 101, г. Новочеркасск,
346400, Россия, s.pototsky@yandex.ru, novch-vpot@yandex.ru);*

*П.О. Скобелев, д.т.н., президент и генеральный конструктор
(Группа компаний «Генезис знаний»), ведущий научный сотрудник*

(Институт проблем управления сложными системами РАН);

*О.И. Лахин, руководитель направления в центре управления проектами
(НПК «Разумные решения», Московское шоссе, 17, г. Самара, 443013, Россия,
petr.scobelev@gmail.com, lakhin@smartsolutions-123.ru)*

Обеспечение безопасности экипажа и живучести космического корабля является одной из самых важных задач управления полетами современных космических аппаратов. Основными условиями успешного решения этой задачи являются своевременное обнаружение и ликвидация аварийных ситуаций на борту космического аппарата. В статье сформулированы цели, принципы, общая архитектура, функциональные особенности и основные требования к созданию автоматизированной системы поддержки принятия решений в аварийных ситуациях на МКС. Приведены обобщенная функциональная структура автоматизированной системы поддержки принятия решений в аварийных ситуациях, наиболее важные параметры, характеризующие аварийную ситуацию разгерметизации, рассмотрены основные форматы отображения состояния МКС и контроля деятельности экипажа при парировании разгерметизации на основе данных реального полета и при моделировании аварийной ситуации. При выборе рекомендуемых вариантов решений предложено использовать классические методы теории принятия решений, основанные на представлении