

НАЗЕМНАЯ ПОДСИСТЕМА ПОДГОТОВКИ ЭЛЕКТРОННОЙ БОРТОВОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ

С.И. Кравченко, к.т.н., начальник сектора, artstory@bk.ru;

Д.А. Андреев, инженер-программист;

А.А. Долгов, инженер-программист

*(Донской филиал Центра тренажеростроения,
просп. Платовский, 101, г. Новочеркасск, 346400, Россия);*

А.В. Колесников, заместитель начальника отдела, alexander.kolesnikov@sfsoc.ru

*(Ракетно-космическая корпорация «Энергия» им. С.П. Королева,
ул. Ленина, 4а, г. Королев, Московская обл., 141070, Россия)*

Описан технологический процесс переработки информации при подготовке электронной бортовой документации для многофункциональной информационной системы поддержки деятельности экипажей транспортных космических кораблей и орбитальных станций. Подчеркивается необходимость генерации электронных документов на этапе бортового обновления контента из совместимого доставляемого архива. Отмечается концептуальная особенность наземной подсистемы, заключающаяся в разделении элементов электронного документа на две категории: консервативную визуальную основу и интерактивный слой, состоящий из виртуальных органов управления разделами документа и внутренними приложениями. Формулируются преимущества раздельной обработки слоев документа, состоящие в наземной разметке инструкции и доставке на борт только файла разметки, по которому на этапе обновления автоматически реконструируется разработанная на Земле инструкция; таким образом достигается идентичность наземной и бортовой версий, существенно снижается нагрузка на канал передачи данных Земля–борт. В статье также приводится структура средств наземного комплекса, раскрывается последовательность выполняемых операций; дается детальное описание взаимодействия участвующих в процессе утилит и основных разделов общей методологии: архивирование разработок в классической библиотеке бортовой документации, генерация визуальной основы, редактирование управляющего слоя, формирование новых документов из массива страниц классической библиотеки. Особое внимание уделяется специальным инструментам – редактору-компоновщику разметок и формирователю пакетов обновления. На основании экспериментов делается заключение о готовности разработанного комплекса наземных средств подготовки электронной бортовой документации к полноценному обеспечению формирования пакетов обновления для многофункциональной информационной системы поддержки деятельности экипажей космических кораблей и станций.

Ключевые слова: бортовая документация, модуль интерфейса, мультимедиа, Российский сегмент МКС, информационная система.

Технологический процесс переработки информации для космических интерфейсов [1] базируется на следующих основных положениях.

Вводится строгое разделение элементов электронной бортовой документации (ЭБД) на две категории:

- визуальная основа – «внешний вид» процедуры (страницы), соответствующий стандарту ODF, это то, что можно напечатать на бумаге [2];
- интерактивный (управляющий) слой, состоящий из виртуальных органов управления ЭБД и приложений (кнопки, подсветка пунктов, отметки об исполнении, зоны для генерации заполняемых формуляров, указатели расшифровок аббревиатур, гиперссылки, значки для запуска внешних мультимедийных приложений, дикторские комментарии к пунктам процедуры, записи в авторизованном блокноте и др.) [3].

Процесс генерации визуальной основы выполняется на этапе бортового обновления контента многофункциональной информационной системы (МИС). Модуль интерфейса пользователя (МИП) получает пакет готовых решений. Отпадает необходимость реализации в реальном времени на разнородных (часто низкопроизводительных) ап-

паратных средствах многоступенчатой сборки страницы. Повышается надежность работы терминала независимо от его ОС, снижается время доступа к процедурам, обеспечивается полная адекватность ЭБД исходному (утвержденному) документу [4].

Процесс формирования нетиповых (нестандартных) инструкций разделяется на два этапа. Сначала инструкция полностью создается в наземных условиях; при этом генерируется файл разметки с указанием составных частей новой композиции и их локализации в общей ЭБД; затем на борт доставляется только файл разметки, по которому на этапе обновления автоматически реконструируется разработанная на Земле инструкция. Достигается идентичность наземной и бортовой версий нетиповой инструкции, существенно снижается нагрузка на канал передачи данных Земля–борт [5].

Приведенные концептуальные положения реализованы и протестированы при разработке нескольких версий МИП [2] для настольных компьютеров под ОС Windows, планшетов iPad (iOS), Samsung (Android). Прототипы показали высокую надежность, системную совместимость, гибкость

конфигурирования, удобство эксплуатации и относительную простоту модернизации.

Структура наземного комплекса (НК) МИС приведена на рисунке 1.

Утилиты НК МИС реализуют технологическую последовательность подготовки ЭБД:

- подготовка исходного (бумажного) документа БД;
- студийная подготовка сюжетов мультимедиа;
- архивирование разработок в классической библиотеке БД;
- разработка сценария;
- генерация визуальной основы;
- создание и визуальное редактирование управляющего слоя;
- формирование процедур из массива страниц;
- контроль результата на наземном интерфейсе;
- формирование пакета и реестра обновлений;
- подготовка отчетов по возвращаемым с орбиты протоколам.

Средства разработки и редактирования книг БД представляют собой стандартные редакторы класса WISIWIG (What I see is what I get – вижу то, что получу), например MS WORD, CorelDraw и т.п. [6]; или редакторы скриптового класса, например Arbortext, Dreamviewer и другие XML- и

HTML-редакторы [7]. Первые предпочтительнее, так как позволяют оператору работать непосредственно в визуальной среде и обеспечивают однозначность результата, воспроизводимого различными ОС и техническими платформами. Результатом работы средств является экспортированный комплект книг БД в формате PDF, утверждаемых контролирующими службами и архивируемых в наземной библиотеке, например Windchil.

Одновременно в НК разрабатывается мультимедийное иллюстративное обеспечение (видео, анимация, полноэкранный графика, звуковое сопровождение) [8], которое не входит в состав классической БД и является расширяющим функциональным дополнением ЭБД в среде МИП.

Структура библиотеки БД форматируется Редактором сценариев в xml-описание, которое отражает иерархическую вложенность книг/разделов/процедур. Сценарии типа description.xml описывают как полную ЭБД, так и нетиповые инструкции, базирующиеся на композициях классических процедур или разрабатываемые дополнительно.

Сценарий для ЭБД разрабатывается на стандартных офисных средствах.

На следующем этапе книги автоматически конвертируются в отдельные страницы PDF и их визуальные копии JPG (визуальная основа). Конверсия осуществляется утилитой **PDFDivider.exe**.

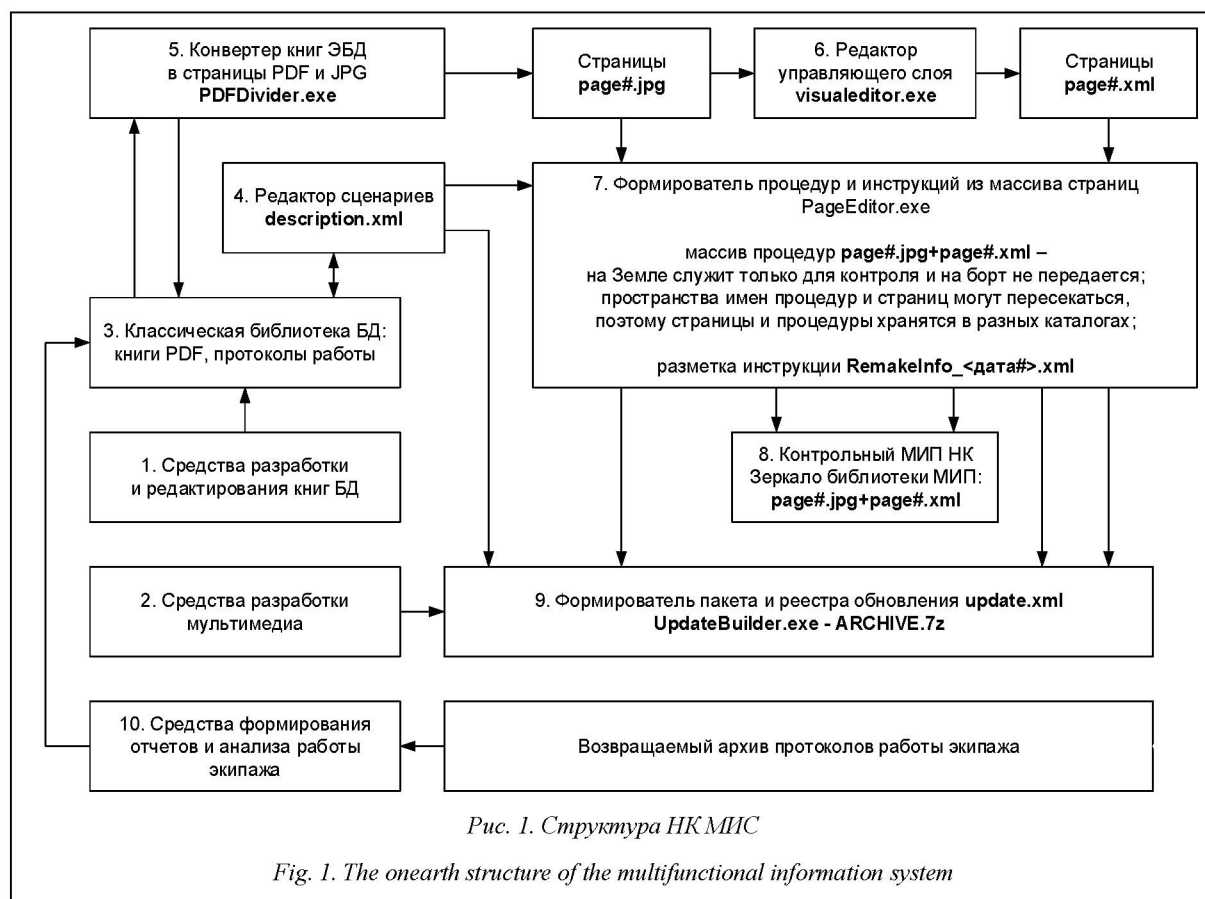


Рис. 1. Структура НК МИС

Fig. 1. The onearth structure of the multifunctional information system

Файлы основы передаются *визуальному редактору* (BP) управляющего слоя **visualeditor.exe**, в среде которого выполняется формирование интерактивных экранных зон с различной реакцией. Итогом работы на BP являются страницы ЭБД **page#.xml**.

Пары страниц «основа/интерактив» передаются непосредственно на упаковку и отправку на борт, а также используются для формирования разметки процедур из нескольких страниц классической ЭБД или их фрагментов. Этот этап реализуется утилитой **WindowsEditor.exe** и применяется также для разметки нетиповых инструкций.

Функциональность и связность слоистой композиции проверяются НК МИП.

На упаковку передаются

- сценарии библиотеки, полетных операций, нетиповых инструкций;
- стандартные страницы книг PDF;
- файлы управляющего интерактивного слоя;
- файлы разметки процедур и нетиповых инструкций.

Формирователь пакета и реестра обновлений **UpdateBuilder.exe** готовит к отправке на борт исходящий архив **ARCHIVE.7z**. На этом первичная работа НК завершается.

В дальнейшем на Землю возвращаются протоколы деятельности экипажа, которые обрабатываются средством формирования отчетов. Отчеты анализируются, оцениваются и размещаются в архиве корпорации [9].

Генерация визуальной основы

Визуальная основа представляет собой графическую копию (JPG) векторной страницы (PDF). Это будущая подложка экранной формы.

Обработке подвергается целая книга БД. Она разбивается на отдельные PDF-страницы, которые в дальнейшем доставляются на борт и включаются в основную, классическую библиотеку ЭБД. По ним программой **PDFDivider.exe** осуществляется генерация визуальных основ.

Создаваемые при генерации графические файлы используются только на Земле. По ним ведутся разработка управляющих слоев, разметка нетиповых процедур, сшивка страниц в типовые процедуры и т.п. На борту JPG-страницы генерируются повторно аналогичным, но уже полностью автоматическим инструментом, и не из книги, а из массива страниц PDF. Таким образом, JPG отдельно на борт не доставляются и не нагружают канал связи.

Разработка сценария

Распределение книг в разделах библиотеки ЭБД, структура самих книг до уровня процедур и действий должны быть представлены так называемым

сценарием, который отражает их иерархическую вложенность [10].

Сценарий **description.xml** может описывать или полную ЭБД, или нетиповые инструкции, базирующиеся на композициях классических процедур, или временные полетные операции.

Объем текста сценария относительно невелик и может разрабатываться на любом офисном редакторе xml.

Создание и визуальное редактирование управляющего слоя

Файлы основы **page#.jpg** последовательно загружаются в BP управляющего слоя **visualeditor.exe**, в среде которого выполняется формирование интерактивных экранных зон с различной реакцией. Итогом работы BP являются страницы-накладки **page#.xml**. Накладки и файлы визуальной основы образуют пары, обрабатываемые синхронно. Впоследствии результат обработки (нарезки фрагментов, компоновки нетиповых инструкций и др.) воспроизводится МИП и обеспечивает заданную функциональность. На рисунке 2 приведен фрагмент инструкции на экране МИП с тремя типами внедренных активных зон управляющего слоя: сенсорные зоны пунктов инструкции (голубая подсветка, фокусный пункт 1 выделен рамкой), аббревиатура («ЦУП-М» – при наведении курсора в нижней строке подсказки выводится ее расшифровка), медиа-иллюстрация к пункту 3 (значок «кадр киноленты» – нажатие вызывает полноэкранный проигрыватель, воспроизводящий видео). Уже в среде МИП сделаны отметки о выполнении пункта 1 (птичка на левом поле) и о наличии записи в блокноте к пункту 2.

Формирование процедур из массива страниц

В ЭБД МКС, в отличие от ЭБД транспортного корабля «Союз», информационной единицей является не страница книги, а процедура. Чтобы из массива страниц классической библиотеки сформировать массив процедур, нужно предварительно создать файл разметки **RemakeInfo.xml**, для чего выполнить следующие операции:

- перечислить страницы, входящие в состав каждой процедуры (выполняет оператор);
- удалить на них колоннотитлы и пустоты (выполняет автомат);
- сшить ленты процедур визуально (выполняет оператор) или формально – по списку входимости (выполняет автомат);
- параллельно выполнить аналогичные операции над управляющими слоями (выполняет автомат).

Для этих целей создан модуль-компоновщик процедур и нетиповых инструкций **PageEditor.exe**.

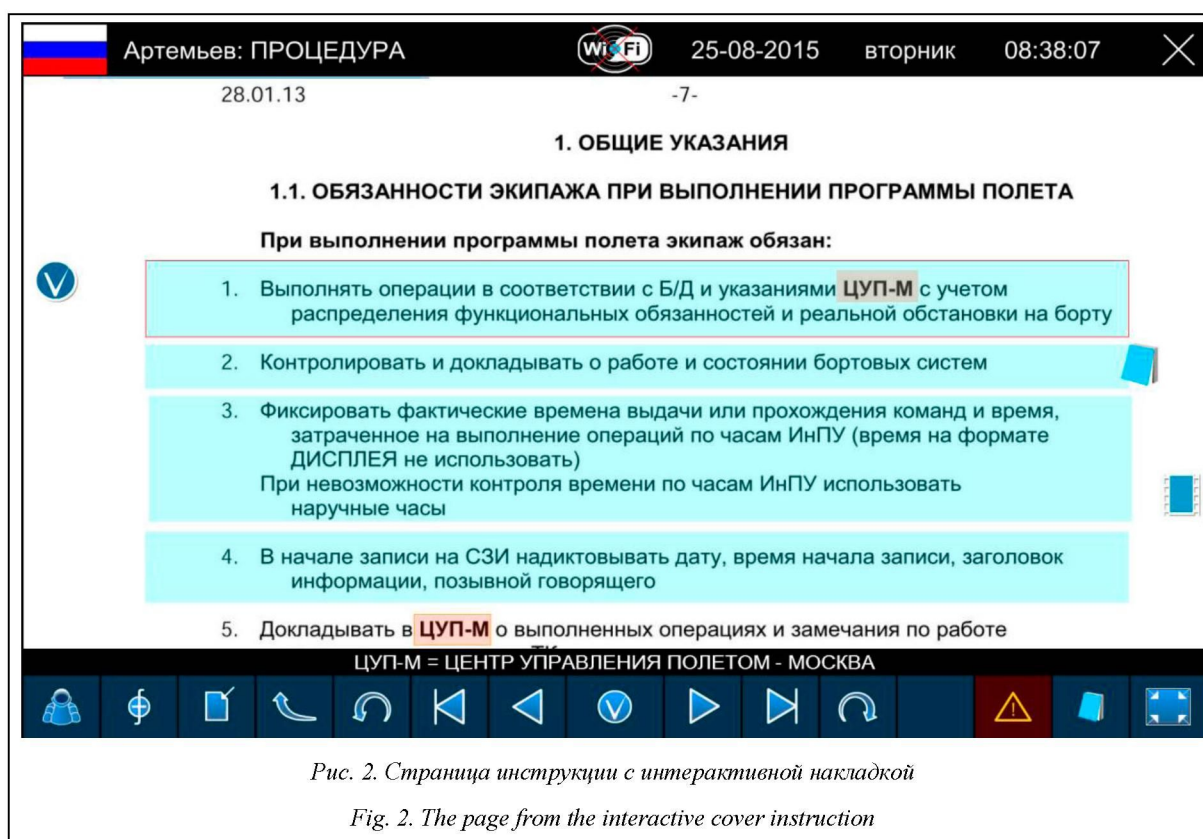


Рис. 2. Страница инструкции с интерактивной накладкой

Fig. 2. The page from the interactive cover instruction

Библиотека представляет собой множество книг, книги отображаются в списке «Книга», страницы выбранной книги отображаются в списке «Страница».

Наполнение новой страницы контентом осуществляется визуальным копированием, вставкой, перемещением областей классических страниц. Действия, доступные на данной странице, представлены в меню «Редактирование».

Фрагменты процедуры на новой странице можно увидеть в окне «Фрагменты страницы». Выбранный на новой странице фрагмент можно перемещать перетаскиванием.

Пункты меню «Файл/Сохранить» и «Файл/Загрузить» позволяют сохранить или загрузить текущие наброски в формате данных компоновщика (.cdat).

Выбор пункта меню «Файл/Экспорт» запускает автоматическое построение инструкции и ее xml-описания, а также формирование соответствующего файла RemakeInfo.xml в выбранной пользователем папке.

Более формализованным и автоматизированным методом компоновки является композиция процедуры по списку страниц и перечисленных для них пунктов.

В редакторе запускается пункт меню «Редактирование/Сформировать из xml». Открывается форма для создания новой страницы. Ее интерфейс схож с интерфейсом визуальной компоновки. Книги отображаются в списке «Книги».

Страницы выбранной книги отображаются во втором столбце и выстраиваются в древовидную структуру.

Для выбранной страницы отображается список «Зона» с перечислением созданных для этой страницы навигационных зон.

Для визуализации действий на форме имеются два окна. В левом отображается текущая выбранная страница и подсвечиваются выбранные зоны. В правом выводится макет формируемой страницы (процедуры) (рис. 3).

При нажатии кнопки «Сформировать» форма с композицией закрывается, а сформированная процедура отображается в списке новых страниц на главной форме.

Формирование пакета и реестра обновления

Для доставки обновления на борт нужно сформировать пакет файлов, вложить в него реестр обновления и файлы разметок, упаковать все эти элементы в архив и передать доставляющей службе.

Реестр обновления **update.xml** – это файл, в котором хранятся инструкции, используемые на борту модулем СИО МИС (MIS.exe) для обновления классической библиотеки МИС. Реестр **update.xml** упаковывается в единый архив с перечисленными в нем элементами контента и/или файлом разметки **RemakeInfo.xml**.

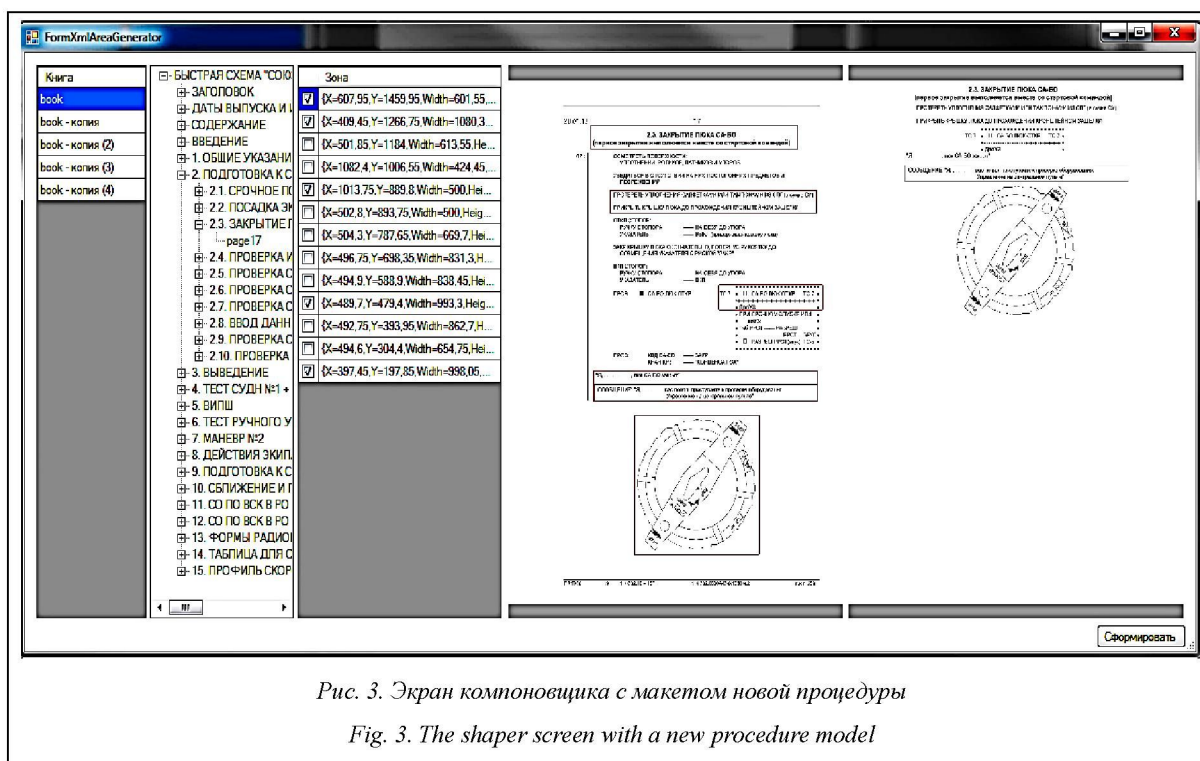


Рис. 3. Экран компоновщика с макетом новой процедуры

Fig. 3. The shaper screen with a new procedure model

Создан автоматизированный инструмент **UpdateBuilder.exe**, в среде которого выполняются следующие операции:

- создание нового документа **update.xml**;
- загрузка существующего документа;
- сохранение нового или отредактированного реестра обновлений;
- автоматическое архивирование пакета обновления для отправки на борт; в архив включаются сформированный реестр обновлений, файлы-источники, привязанные к элементам пакета обновлений, и опционально – файл разметки нетиповых процедур.

Разработанный комплекс наземных средств подготовки ЭБД обеспечивает полноценное формирование пакетов обновления для МИС поддержки деятельности экипажей космических кораблей и станций.

Литература

1. Операции и эксперименты на Международной космической станции 25 апреля 2013 года. URL: <http://www.federal-space.ru/main.php?id=2&nid=20060> (дата обращения: 15.05.2015).
2. Кравченко С.И. Бортовой модуль информационной поддержки экипажа Международной космической станции // Программные продукты и системы. 2013. № 3 (103). С. 68–72.

3. Душенко А.Г., Арестов Д.С. Многофункциональная информационная система поддержки действий экипажа // Программные продукты и системы. 2013. № 3 (103). С. 54–61.

4. Осипов В.П., Сивакова Т.В., Судаков В.А., Трахтенгерц Э.А., Загребев Б.В. Методологические основы поддержки принятия решений при планировании научно-прикладных исследований и экспериментов на Международной космической станции (МКС) // Электротехнические и информационные комплексы и системы. 2013. № 3 (9). С. 81–88.

5. Жук Е.И., Гуторов А.М. Применение виртуальных руководств при подготовке к проведению научных исследований на пилотируемых орбитальных комплексах. Науч. чтения памяти К.Э. Циолковского, Калуга, 2009. URL: <http://readings.gmik.ru/lecture/2009-primeneniye-virtualnih-rukovodstv-pri-podgotovke-k-provedeniyu-nauchnih-issledovaniy-na-pilotiruemih-orbitalnih-kompleksah> (дата обращения: 15.05.2015).

6. Михеев А.М., Семочкина И.Ю. 3d-моделирование в интеллектуальной информационной системе поддержки научного эксперимента для систем мониторинга и контроля изделий ракетно-космической техники // Надежность и качество сложных систем. 2013. № 4. С. 28–32.

7. Забавникова Т.Ю. Элементы эргономики проблеме проектирования интерфейса // Вестн. Тамбовского ун-та: Сер. Естественные и технические науки. 2009. № 1 (14). С. 227–228.

8. Елистратова Н.Н. Некоторые проблемы применения мультимедиа в системе высшего образования // Вестн. Рязанского гос. ун-та им. С.А. Есенина. 2010. № 26. С. 22–28.

9. Мельникова Р.В. Проектирование пользовательского интерфейса // Восточ.-Европ. журн. передовых технологий. 2010. № 8 (48). С. 18–20.

10. Быстров Д.А. Архитектуры презентационной системы образовательного насыщенного мультимедиа контента // Образовательные технологии и общество. 2007. № 4 (10). С. 329–338.

Kolesnikov A.V., Deputy Head of Department, alexander.kolesnikov@sfo.ru
(S.P. Korolev Rocket and Space Public Corporation Energia,
Lenina St. 4a, Korolev, Moscow Reg., 141070, Russian Federation)

Abstract. The paper describes information processing when preparing electronic onboard documents for multi-function information system to support a crew of a transport spacecraft and space stations. It is necessary to generate electronic documents from a delivered compatible file at the stage of the onboard content update. The conceptual feature of the ground subsystem is a separation of electronic document elements into two categories, which are: a conservative visual basis and an interactive layer that includes virtual controls for the sections of the document and internal applications. The paper considers the benefits of separate processing of document layers that consist in instruction ground marking and delivering on board only a cue file, which allows reconstructing an instruction developed on the Earth automatically. This makes the ground and onboard versions identical and significantly reduces the load on the data-transmission channel. The article also shows the ground-based complex structure, the sequence of the operations; a detailed description of the interaction between the utilities and major sections of the common methodology, such as: archiving developments in a classical library database, generating a visual base, editing a control layer, forming new documents from a classic library page array. The particular attention is paid to special tools that are: a link editor and the update package shaper. Based on experiment results, there is a conclusion about the readiness of the developed ground-based complex to ensure forming of update packages for the multifunctional information support system for a crew of space ships and stations.

Keywords: onboard documentation, interface module, multimedia, Russian segment of ISS, information system.

References

1. *Operatsii i eksperimenty na Mezhdunarodnoy kosmicheskoy stantsii 25 aprelya 2013 goda* [Operations and experiments at the ISS on April 25, 2013]. Available at: <http://www.federspace.ru/main.php?id=2&nid=20060> (accessed May 15, 2015).
2. Kravchenko S.I. The onboard module for information support of the international space station crew. *Programmnye produkty i sistemy* [Software & Systems], 2013, no. 3 (103), pp. 68–72 (in Russ.).
3. Dushenko A.G., Arestov D.S. Multifunctional crew activity support information system. *Programmnye produkty i sistemy* [Software & Systems]. 2013, no. 3 (103), pp. 54–61 (in Russ.).
4. Osipov V.P., Sivakova T.V., Sudakov V.A., Trakhtengerts E.A., Zagreev B.V. Methodological base of decision-making support when planning scientific and applied research and experiments at the International Space Station (ISS). *Elektrotekhnicheskie i informatsionnye komplekсы i sistemy* [Electrical and data processing facilities and systems], 2013, no. 3 (9), pp. 81–88 (in Russ.).
5. Zhuk E.I., Gutorov A.M. Using of the virtual managements for preparation to scientific researches on piloted orbital complexes. *Nauchnye chteniya pamyati K.E. Tsiolkovskogo* [Scientific readings in memory of K.E. Tsiolkovsky]. Kaluga, 2009. Available at: <http://readings.gmik.ru/lecture/2009-primeneniye-virtualnih-rukovodstv-pri-podgotovke-k-provedeniyu-nauchnih-issledovaniy-na-pilotiruemykh-orbitalnih-kompleksah> (accessed May 15, 2015).
6. Mikheev A.M., Syomochkina I.Yu. 3d-modeling in the science experiment support intelligent information system for rocket-and-space monitoring and control system. *Nadezhnost i kachestvo slozhnykh sistem* [Quality and Reliability of Complex Systems]. Penza, 2013, no. 4, pp. 28–32 (in Russ.).
7. Zabavnikova T.Yu. Ergonomics elements for the interface design problem. *Vestnik Tambovskogo universiteta. Seriya: Estestvennye i tekhnicheskie nauki* [Tambov Univ. Reports. Series: Natural and Technical Sciences], 2009, no. 1 (14), pp. 227–228 (in Russ.).
8. Elistratova N.N. Some problems and drawbacks of multimedia use in higher education system. *Vestn. Ryazanskogo gos. un-ta im. S.A. Esenina* [Bulletin of S.A. Esenin Ryazan State Univ.]. 2010, no. 1(26), pp. 22–28 (in Russ.).
9. Melnikova R.V. User interface design. *Vostochno-Evropeysky zhurnal peredovykh technology* [Eastern-European Journal of Enterprise Technologies], 2010, no. 8 (48), pp. 18–20 (in Russ.).
10. Bystrov D.A. Architectures of a learning multimedia content presentation system. *Obrazovatelnye tekhnologii i obshchestvo* [Educational Technology and Society], 2007, no. 4 (10), pp. 329–338 (in Russ.).