

**РЕЗУЛЬТАТЫ РАЗРАБОТКИ  
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО ПРОТОТИПА  
ИНТЕРАКТИВНОГО ЭЛЕКТРОННОГО  
ТЕХНИЧЕСКОГО РУКОВОДСТВА ТРЕНАЖЕРА ПКА**

**А.И. Жохов**

Канд. техн. наук А.И. Жохов (ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина»)

Рассматриваются назначение и требования, предъявляемые к исследовательскому прототипу интерактивного электронного технического руководства тренажера пилотируемого космического аппарата (ПКА), результаты его разработки.

**Ключевые слова:** тренажер пилотируемого космического аппарата, интерактивное электронное техническое руководство, информационное обеспечение, информационная система, информационная технология.

**Results of the Development of the Research Prototype of the  
Interactive Electronic Technical Guide for the MSV Simulator.**

**A.I. Zhokhov**

The paper considers the designation and requirement for the research prototype of the interactive electronic Technical Guide for the simulator of the Manned Space Vehicle (MSV) as well as the results of its development.

**Keywords:** MSV simulator, interactive electronic Technical Guide, information support, information system, information technology.

Интерактивное электронное техническое руководство (ИЭТР) – это совокупность электронных документов, технических данных и программно-технических средств, предназначенная для информационного обеспечения процессов использования по назначению и технической эксплуатации изделия в интерактивном режиме с помощью интерфейса электронной системы отображения (ГОСТ Р 54088–2017).

ИЭТР, как правило, создаются для сложных изделий машиностроения, таких, как воздушные и морские суда, изделия оборонно-промышленного комплекса и т.д. Наличие ИЭТР для экспортных образцов данных отраслей сегодня становится обязательным требованием заказчика.

Разработка ИЭТР может проводиться как в процессе проектирования изделия его разработчиком, так и в процессе эксплуатации путем размещения конкурсной заявки на соответствующую услугу или силами эксплуатанта.

На поисковых сайтах по тендерам на услуги можно встретить заказы на разработку и сопровождение ИЭТР самолетов и вертолетов гражданской и военной авиации, ИЭТР отдельных систем морских судов и железнодорожного транспорта, экскаваторов и другой тяжелой техники как создаваемой, так и эксплуатирующейся.

Тренажеры ПКА в значительной мере отличаются от вышеперечисленной техники как по конструкции, так и процессом эксплуатации [1]. И требования к ИЭТР тренажера ПКА, несомненно, будут отличаться от общих требований, изложенных в соответствующих ГОСТах, и требований к ИЭТР серийной продукции машиностроения. Следует также учитывать и «человеческий фактор»: обслуживающий персонал тренажера ПКА, как правило, имеет многолетний опыт работы на конкретном тренажере, начиная от стадии его заказа и приемки; обучение новых сотрудников происходит путем личной передачи опыта и знаний в процессе работы на тренажере. При накоплении опыта частота обращений к эксплуатационной документации, естественно, снижается. А освоение любой новой программной системы требует определенных усилий и мотивации.

Для того чтобы будущее ИЭТР было востребовано персоналом тренажера, необходимы практические исследования с использованием исследовательского прототипа (ИП) ИЭТР с участием персонала тренажера. В ходе этих исследований, предусматривающих оперативную доработку ИП, должны быть выработаны требования к функционалу и интерфейсу ИЭТР, подтверждена целесообразность создания ИЭТР для конкретных типов тренажеров, выработаны рекомендации по путям создания ИЭТР.

### **Требования к разработке ИП ИЭТР тренажера ПКА**

Данные требования можно разделить на 2 группы:

#### *Требования назначения ИЭТР*

ИЭТР тренажера ПКА должно решать следующие основные задачи:

- обеспечение пользователя справочным материалом об устройстве и принципах работы изделия;
- обучение пользователя правилам эксплуатации, обслуживания и ремонта изделия;
- обеспечение пользователя справочными материалами, необходимыми для эксплуатации изделия, выполнения регламентных работ и ремонта изделия;
- обеспечение пользователя информацией о технологии выполнения операций с изделием, потребности в необходимых инструментах и материалах, о количестве и квалификации персонала;
- диагностика состояния оборудования и помощь в поиске и устранении неисправностей;
- планирование и учет проведения регламентных работ.

Главным источником данных для ИЭТР является эксплуатационная документация разработчика тренажера ПКА в бумажном и электронном виде.

*Требования, связанные с исследовательским характером программного комплекса:*

- ИП должен обеспечивать функционал как интерактивного отображения основного контента ИЭТР, так и его создания и редактирования;

– ИП должен позволять исследовать расширенные функции ИЭТР, свойственные электронному делу изделия на этапе эксплуатации (ГОСТ Р 54089-2018, ГОСТ 2.612-2011), в объеме данных формуляра изделия;

– ИП должен позволять исследовать дополнительные функции ИЭТР, обеспечивающие доступ к данным об изделии, содержащимся в других информационных системах эксплуатанта (данные о целевом использовании тренажера – база данных (БД) и приложение «Электронные журналы тренажеров», данные о работах и закупках в интересах модернизации и поддержания работоспособности тренажера – БД и приложение «Закупки» [2]);

– ИП должен строиться с использованием свободно распространяемого программного обеспечения с открытым исходным кодом.

При разработке ИП оправдано применение упрощений:

1. В силу того, что современные стационарные тренажеры ПКА состоят главным образом из компьютерных и электронных систем, ИП может не реализовывать 3D-контент и анимацию, основным назначением которых является представление конструкции и функционирования сложных подвижных сборочных единиц изделия. Необходимость реализации 3D-контента и анимации может быть определена на этапе исследования с использованием ИП и потребует дополнительных исследований.

2. В силу специфики отношений разработчика тренажера ПКА и его эксплуатанта (разработчик сопровождает эксплуатацию изделия в течение всего периода его использования) могут быть опущены такие функции ИЭТР, как автоматизированный заказ запчастей у их изготовителей и информационная связь ИЭТР с автоматизированными системами разработчика. Последнее обстоятельство позволяет использовать html-формат модулей данных вместо рекомендуемого SGML или XML, что значительно упрощает и разработку контента ИЭТР, и его отображение в браузере.

Главная цель создания и применения ИП состоит в определении такого технического облика ИЭТР, при котором все необходимые для эксплуатации и возникающие в процессе эксплуатации данные о тренажере ПКА хранятся консолидированно и структурированно в соответствующей базе данных и файловом хранилище и все потребности в данной информации, включая ее обработку, могут быть реализованы из одного «окна» – ИЭТР.

## **Организация данных ИП, хранимых в базе данных**

При организации хранения в БД данных ИП использован принцип типизации данных: тип данных определяет способ отображения их в электронной системе отображения.

Основные типы модулей данных (МД):

«Разделы» – данные панелей навигации, которые отображаются в левой части окна приложения (область 1 на рис. 3), через которые ИЭТР обеспечивает доступ к функционалу ИП определенного типа;

«Ссылки» – данные иерархического оглавления содержимого разделов ИЭТР, обеспечивающего интерактивное отображение соответствующего контента ИЭТР;

«Html-контент» – МД, данные которых представлены в виде html-разметки и отображаются браузером в центральной панели окна (область 2 на рис. 3);

«Image-контент» – МД об иллюстрациях (рисунки, схемы), хранимых в виде графических файлов в файловом хранилище ИЭТР, отображаемые в центральной панели окна, в отдельной вкладке браузера или в новом окне в зависимости от расширения файла (jpeg, png, pdf и др.);

«Document-контент» – МД о документах (частные руководства, инструкции, технические задания и т.д.), файлы которых хранятся в файловом хранилище ИЭТР и отображаются в центральной панели окна, в отдельной вкладке браузера или в новом окне в зависимости от расширения файла (doc, pdf и др.).

Данные всех вышеперечисленных типов хранятся в одной таблице БД – *modules* (см. рис. 1).

На рисунке 1 также показана структура данных, обеспечивающая хранение основных данных электронного формуляра изделия. На рисунке 2 представлена схема данных, обеспечивающая отображение пользователю данных, необходимых для технического обслуживания изделия, поиска и устранения его возможных неисправностей.

Table Name	Fields and Data Types
IETG.modules	id : int(11) text : tinytext titul : text tips : tinytext type : enum('razdel','link','html','image','document','handbook') # id_content : int(11) file_image : tinytext html_content : longtext file_document : text dependences : text # parent_id : int(11) # razdel_id : int(11) # layer : tinyint(4) sort : tinytext icon_css : tinytext
IETG.optimes	id : int(11) ddate : date task : text t_beg : date t_end : date # duration : decimal(7,1) # sum_dur_rem : decimal(7,1) # sum_dur_beg : decimal(7,1) who_work : text who_write : text # deleted : int(11)
IETG.services	id : int(11) ddate : date task : text # id_part : int(11) # id_type_TO : int(11) # optimes_rem : double # optimes_beg : double document : text who_work : text who_write : text # deleted : int(11)
IETG.repairs	id : int(11) ddate_dir : date ddate : date task : text document : text who_work : text who_write : text # deleted : int(11)
IETG.durops	id : int(11) ddate : date task : text who_work : text who_write : text # deleted : int(11)

Рис. 1. Таблицы модулей данных интерактивного руководства и формуляра (*modules* – данные МД; *services* – данные записей о выполненном техническом обслуживании; *optimes* – данные записей о наработке тренажера; *durops* – данные записей о работах, выполненных при эксплуатации; *repairs* – данные записей о работах, выполненных по бюллетеням и указаниям)

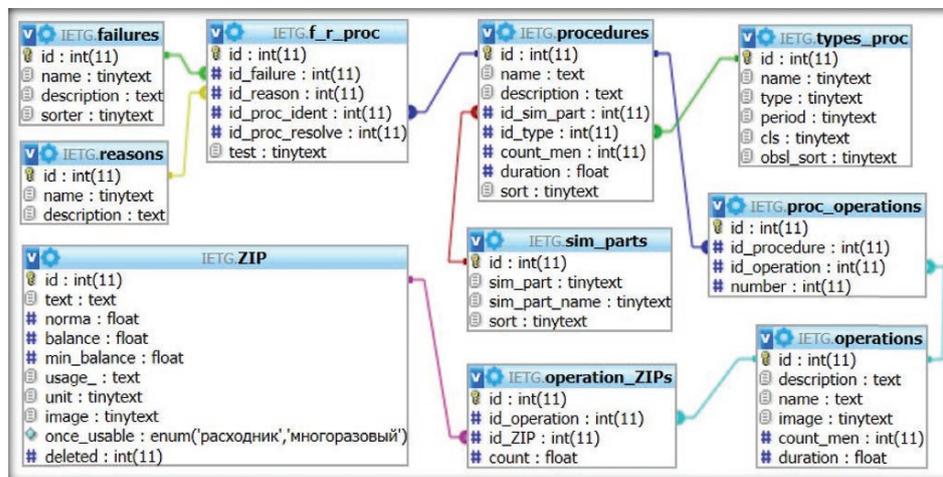


Рис. 2. Схема данных процедур интерактивного руководства (*types\_proc* – данные о типах процедур; *failures* – данные о возможных неисправностях; *reasons* – данные об их возможных причинах; *procedures* – данные процедур; *f\_r\_proc* – связи неисправностей, причин и процедур; *proc\_operations* – связи процедур и операций; *operations* – данные операций; *operation\_ZIPs* – связи операций и ЗИП; *ZIP* – данные о ЗИП; *sim\_parts* – данные о системах тренажера)

## Программное обеспечение и языки программирования, использованные для разработки ИП

В целях быстрой и экономной разработки и оперативной доработки ИП используемое ПО должно быть свободно распространяемым, с открытым исходным кодом, легко осваиваемым. Результат не должен использовать дополнительное программное обеспечение (ПО), устанавливаемое на ЭВМ пользователя (кроме браузера и офисного пакета для работы с распространенными типами файлов). Для разработки ИП была выбрана платформа, апробированная в других информационных системах тренажерного управления Центра подготовки космонавтов имени Ю.А. Гагарина (ЦПК) [2]:

- технология построения web-приложений фирмы Sencha, ее основные элементы: Ext JS – JavaScript-библиотека основных компонентов приложения и его пользовательского интерфейса; утилита CMD – программа автоматизации процессов жизненного цикла приложения (генерация шаблона, отладка и тестирование интерфейса и логики, дистрибуция и т.д.) [3, 4];
- ПО SKEditor – графический HTML-редактор, позволяющий вставлять блоки информации из документов MS Word и Excel;
- ПО KCFinder – файл-менеджер, обеспечивающий вставку в html-разметку изображений и сохранение их файлов на сервере;
- web-сервер Apache – сервер приложения;

- MySQL – сервер управления базой данных;
- язык программирования JavaScript – язык описания логики приложения, реализуемой на стороне клиента;
- язык программирования PHP – язык описания логики взаимодействия приложения с базой данных (обработка данных на стороне сервера приложения).

Для разработки ИП ИЭТР были использованы серверные средства ЦОД (центр обработки данных) ЦПК, эксплуатационная документация тренажера информационно-управляющей системы российского сегмента Международной космической станции и тренажера ручной стыковки «Дон-Союз» в качестве тестовых данных.

## Интерфейс и функционал ИП

Общий вид интерфейса ИП и его зонирование представлены на рис. 3.

Левая навигационная панель содержит 7 раскрывающихся/складывающихся по принципу аккордеона разделов ИЭТР, через которые реализуется основной функционал ИП (зона 1 на рис. 3): Руководства, Документы, Данные для эксплуатации, Формуляр, Журнал тренировок, Закупки и База данных. Выбирая элементы этих панелей, пользователь получает соответствующий контент на центральной панели (зона 2 на рис. 3).

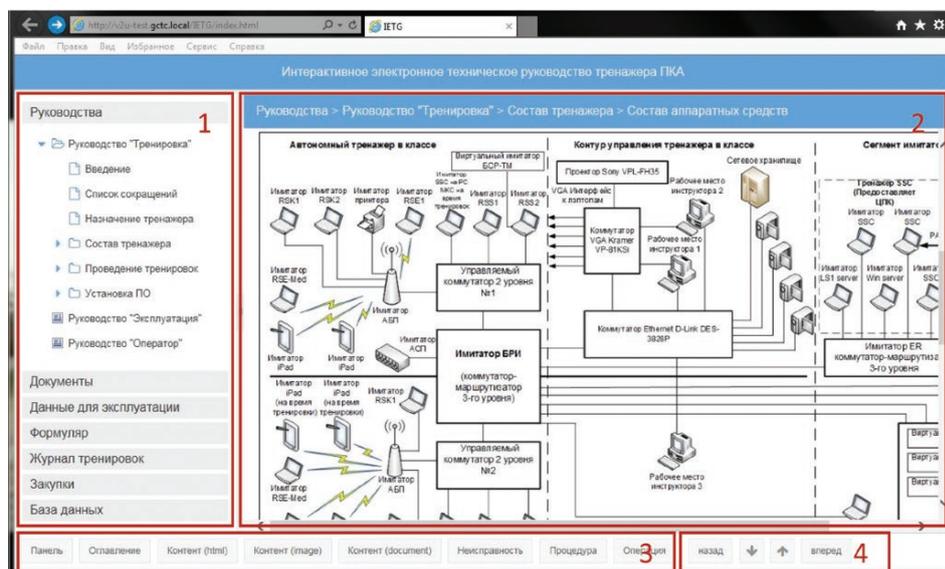


Рис. 3. Зонирование интерфейса ИЭТР

(1 – панель навигации (выбор функционала); 2 – центральная панель отображения контента; 3 – нижняя панель инициации создания новых элементов ИЭТР; 4 – кнопочная последовательная навигация внутри выбранного функционала и «история»)

Внизу окна приложения размещаются кнопочные панели:

- панель кнопок, активирующих создание новых модулей данных и объектов ИЭТР (зона 3 на рис. 3);
- панель кнопок навигации по содержимому активного раздела (стрелки «вверх» и «вниз») и кнопки перемещения по истории просмотра контента («назад» и «вперед», зона 4 на рис. 3).

#### *Раздел «Руководства»*

Данный раздел содержит как иерархическое оглавление собственно интерактивного технического руководства, так и ссылки на другие имеющиеся электронные файлы руководств (рис. 3).

#### *Раздел «Документы»*

Раздел содержит ссылки на электронные документы из хранилища ИЭТР, связанные с тренажером, сгруппированные в папки по произвольным тематикам (рис. 4).

Обеспечивается поиск документа по фразе из его титула.

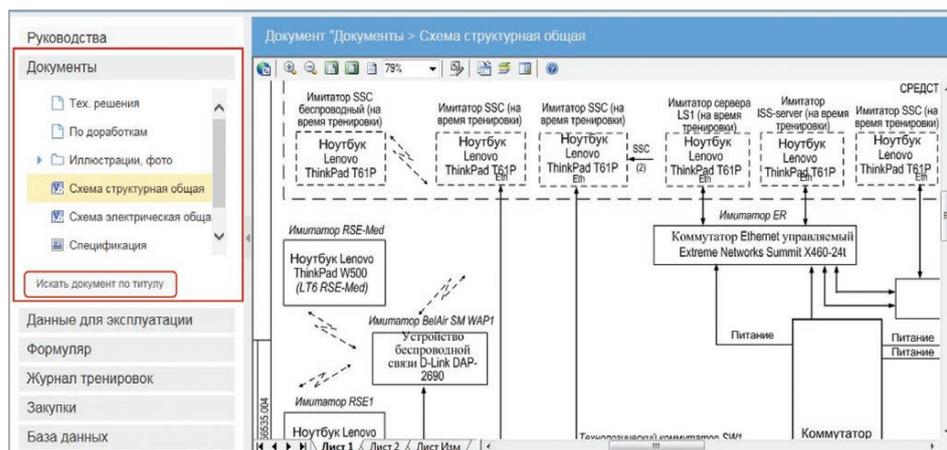


Рис. 4. Раздел «Документы»

#### *Раздел «Данные для эксплуатации»*

Раздел содержит данные для планирования технического обслуживания (ТО) систем тренажера, даты выполненных ТО (отображаются на временной ленте для удобства контроля), данные о требуемом ЗИП и ГСМ (рис. 5).

Вкладка *Типовые неисправности* содержит данные о причинах неисправностей (возможных – из эксплуатационных документов – и реально случившихся и введенных в ИЭТР пользователями), о процедурах их идентификации и устранения. Каждая процедура описывается последовательностью операций, каждая из которых представляется соответствующим описанием, иллюстрацией, необходимыми ЗИП, ГСМ и трудозатратами.

На вкладках ЗИП и ГСМ, кроме их характеристик, обеспечивается редактирование располагаемого остатка расходоуемых материалов.

Процедура	Периодичность повторения					ЗИП
	неделя	месяц	квартал	год	3 года	
система тренажера: ВС (11 процедур)						
1 Внешний осмотр ПЭВМ	+					
2 Очистка мониторов ПЭВМ	+					
3 Дезинфекция гарнитур, панелей и органов управления	+					Спирт этиловый технический ГО 0.065 кг, Ветошь ГОСТ 4644-75 (
4 Контроль входного напряжения по показаниям приборов	+					
5 Очистка манипулятора "мышь" и клавиатуры			+			Спирт этиловый ректифицированн пищевого сырья ГОСТ 5962-201
6 Чистка головок и механизма принтера			+			Спирт этиловый ректифицированн пищевого сырья ГОСТ 5962-201

Рис. 5. Раздел «Данные для эксплуатации»

*Раздел «Формуляр»*

Раздел содержит основные данные и характеристики изделия, позволяет вносить записи учета работы изделия и выполненных на нем работах аналогично бумажной версии формуляра изделия. Благодаря связи ИП ИЭТР с базой данных «Электронные журналы тренажеров» обеспечивается автоматизированный ввод записи о наработке изделия за временной период из этой БД (рис. 6).

Дата	Вид технического обслуживания	Объект	Наработка		Основание	Должность, фамилия и по	
			после последнего ремонта	с начала эксплуатации		выполнившего работу	пров
02.09.2018	Ежегодное ТО	СЭП	0	1000	AAAA.55555.006 P1	инженер Иванов	нач о
20.09.2018	Ежеквартальное ТО	ВС	0	1100	AAAA.111111.027 P7	инженер Сидоров	нач о
26.09.2018	Ежемесячное ТО	РМО	0	1111	AAAA.55555.006 P1	инк.-электроник 22 отд. Иванов И.И.	нач > отд. Г
02.10.2018	Еженедельное ТО	РМО	0	1122	AAAA.114441.027 P8	инк.-электроник 22 отд. Иванов И.И.	ини Но
09.10.2018	Еженедельное ТО	РМО	0	1134	AAAA.55555.006 P1	инк.-электроник 22 отд. Иванов И.И.	нач > отд. Г
16.10.2018	Еженедельное ТО	РМО	0	1141	AAAA.55555.006 P1	инк.-электроник 22 отд. Иванов И.И.	нач > отд. Г

Рис. 6. Раздел «Формуляр»

*Раздел «Журнал тренировок»*

В разделе приведены ссылки на записи из БД «Электронные журналы тренажеров» о выполненных тренировках на тренажере в хронологическом порядке с группировкой по годам и месяцам. Из раздела предусмотрен быстрый переход к анализу этих данных в специализированной программе (рис. 7).

Рис. 7. Раздел «Журнал тренировок»

### Раздел «Закупки»

В разделе приведены ссылки на записи из БД «Закупки» о выполненных закупках и работах в интересах модернизации и обеспечения работоспособности тренажера и его систем (рис. 8). Из раздела предусмотрен быстрый переход к анализу этих данных в специализированной программе.

Рис. 8. Раздел «Закупки»

### Раздел «База данных»

Из данного раздела обеспечивается доступ (просмотр, редактирование, удаление) ко всем информационным объектам, содержащимся в БД (рис. 9):

- модулям данных всех типов;
- типовым неисправностям и их причинам, процедурам технического обслуживания, идентификации и устранения неисправностей и операциям процедур;
- справочникам.

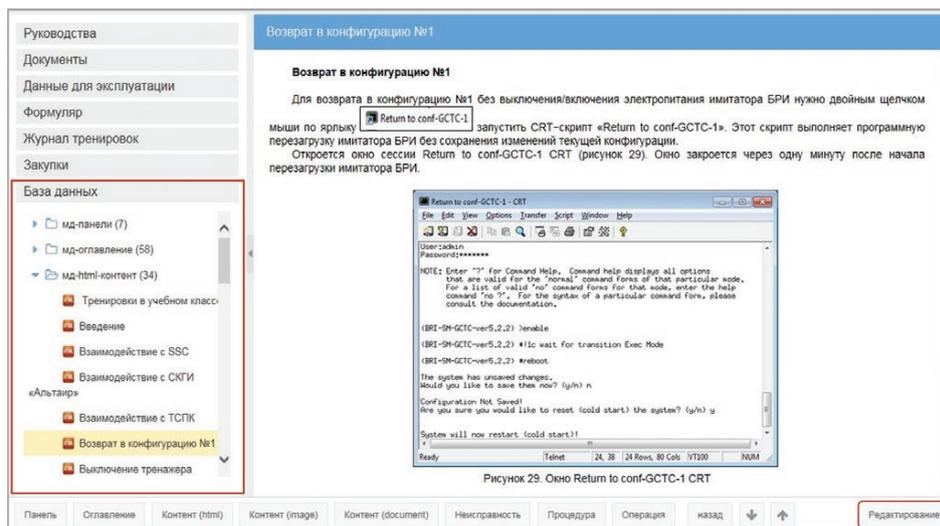


Рис. 9. Раздел «База данных»

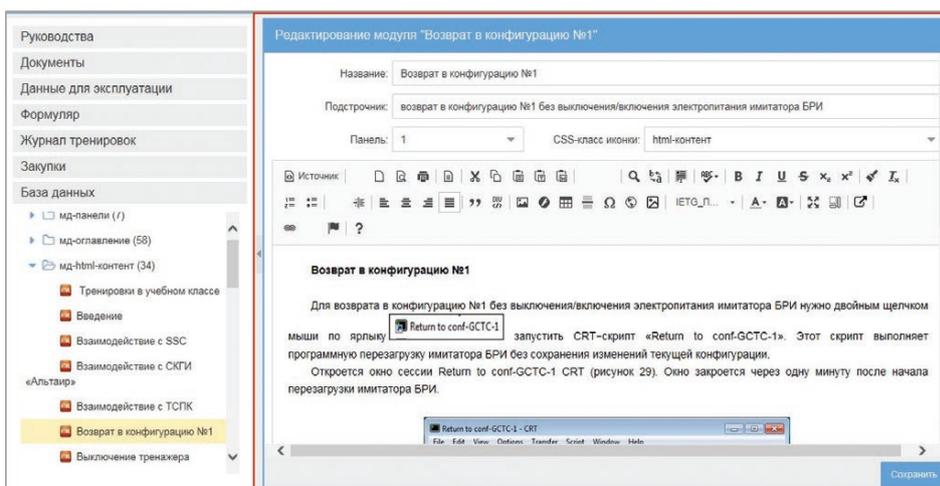


Рис. 10. Интерфейс редактирования модуля данных «html-контент»

На рисунке 10 приведен пример интерфейса редактирования данных модуля типа «html-контент».

В дальнейшем планируется провести исследования с данным ИП, включающие:

- выбор тренажера ПКА и создание контента ИЭТР по его эксплуатационной документации;
- проведение опытной эксплуатации ИЭТР этого тренажера с доводкой программного обеспечения и внесением изменений в контент;

– обобщение результатов, формирование предложений по внедрению ИЭТР в практику эксплуатации тренажеров ПКА, разработка требований к электронной интерактивной эксплуатационной документации перспективных тренажеров ПКА.

## Выводы

1. Результатом выполненных работ является исследовательский прототип ИЭТР тренажера ПКА, особенностями которого являются:

- объединение в одном приложении функционала электронной системы отображения ИЭТР с функционалом среды разработки контента ИЭТР;
- обеспечение информационной связи ИЭТР с другими информационными системами, используемыми в тренажерном управлении ЦПК.

2. Технологии, используемые при разработке ИП, его архитектура могут быть использованы для решения других подобных задач без привлечения сторонних разработчиков.

## ЛИТЕРАТУРА

- [1] Жохов А.И., Игнатьев С.В. Перспективы внедрения технологии интерактивных электронных технических руководств в практику эксплуатации тренажеров ПКА // Пилотируемые полеты в космос. – 2019. – № 3(32). – С. 47–56.
- [2] Жохов А.И. Опыт разработки и применения прототипов элементов системы информационного обеспечения создания, эксплуатации и целевого использования тренажеров ПКА // Пилотируемые полеты в космос. – 2017. – № 3(24). – С. 46–57.
- [3] Ext JS 6 By Example. Create powerful, real-world web applications with Ext JS 6 using sample projects / Anand Dayalan. – Packt Publishing, 2015.
- [4] Ext JS Application Development Blueprints / Colin Ramsay. – Packt Publishing, 2015.

## REFERENCES

- [1] Zhokhov A.I. Ignatiev S.V. Prospects for the Introduction of the Interactive Electronic Technical Manuals Technology in the Practice of Operation of manned Spacecraft Simulators // Scientific Journal “Manned Spaceflight”. – 2019. – No 3(32). – pp. 47–56.
- [2] Zhokhov A.I. Experience in Developing and Applying the Prototypes of Elements of the Informational Support System for Designing, Running, And Purpose-Oriented Use of Manned Spacecraft Simulators // Scientific Journal “Manned Spaceflight”. – 2017. – No 3(24). – pp. 46–57.
- [3] Ext JS 6 By Example. Create Powerful, Real-World Web Applications With Ext JS 6 Using Sample Projects / Anand Dayalan. – Packt Publishing, 2015.
- [4] Ext JS Application Development Blueprints / Colin Ramsay. – Pckt Publishing, 2015.