

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ ОТОБРАЖЕНИЯ
ИНФОРМАЦИИ НА ТРЕНАЖЕРНОМ КОМПЛЕКСЕ
РОССИЙСКОГО СЕГМЕНТА МЕЖДУНАРОДНОЙ
КОСМИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ
АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕЖИМА
«СБЛИЖЕНИЕ ТГК «ПРОГРЕСС» С МКС»**

В.В. Батраков, В.И. Брагин, Ю.А. Ключев

В.В. Батраков, В.И. Брагин, Ю.А. Ключев
(ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина»)

В статье рассмотрены задачи предоставления качественной видеoinформации для обеспечения режима автоматического сближения, облета, причаливания и стыковки транспортного грузового корабля (ТГК) с Международной космической станцией (МКС) на тренажерном комплексе российского сегмента (ТКРС) МКС. Объектом исследования является ТКРС МКС. Предметом исследования является система отображения информации (СОИ) ТКРС МКС. Показано, что аппаратно-программная часть СОИ на ТКРС требует регулярной модернизации и обновления специального программного обеспечения (СПО). Перечислены выполненные работы по повышению качества формирования, передачи и вывода информации на устройства отображения ТКРС МКС.

Ключевые слова: космический тренажер, пульт контроля и управления, автоматический режим сближения, система отображения информации, формат.

**Improvement of the Information Display System on the ISS RS
Simulation Complex to Ensure the “Approach of “Progress” CTV
to the ISS” Automatic Mode. V.V. Batrakov, V.I. Bragin, Yu.A. Klyuev**

The paper considers issues of providing high-quality video information for the ISS RS Simulation Complex to ensure the automatic mode of approaching, fly-around, berthing and docking of the cargo transport vehicle (CTV) with the International Space Station (ISS). The object of the study is the ISS RS SC. The subject of the study is the information display system (IDS) of the ISS RS SC. It is shown that the hardware-software part of the IDS on RS SC requires regular modernization and updating of special software. Measures taken to improve the quality of formation, transmission and output of information to the display devices of the ISS RS SC are listed.

Keywords: space simulator, monitoring and control panel, approach automatic mode, information display system, format.

Для доставки полезного груза на МКС используют транспортные грузовые корабли «Прогресс». Сближение, облет, причаливание и стыковка ТГК с МКС штатно происходит в автоматическом режиме. Обучение экипажей по контролю за автоматическим режимом сближения ТГК «Прогресс» с МКС

является важнейшим этапом подготовки к космическому полету. Тренировки и практические занятия с экипажем проводятся на ТКРС МКС.

Основной частью технических средств на ТКРС МКС, обеспечивающих обработку и отображение информации, является СОИ. Для повышения качества работы и расширения возможностей СОИ на ТКРС МКС регулярно проводится модернизация аппаратно-программной части.

Реализация автоматического режима сближения ТГК с МКС на ТКРС МКС

Реализация режима автоматического сближения ТГК с МКС обеспечивается с помощью моделирования движения грузового корабля и станции, моделирования бортовых систем на космическом тренажере служебного модуля (КТ СМ) в соответствии с логикой работы штатного изделия, а также других функциональных систем ТКРС.

Для проведения тренировок с экипажем по контролю автоматического сближения ТГК с МКС ТКРС готовится в следующей конфигурации:

- пульт контроля и управления СМ (ПКУ СМ);
- пульт контроля и управления МЛМ (ПКУ МЛМ);
- рабочее место оператора СМ (РМО СМ);
- модель бортовой вычислительной системы (МБВС) МБВС1, 2;
- устройство сопряжения с объектом (УСО);
- телевизионная аппаратура (ТВА) «Гранит»;
- система компьютерной генерации изображения (СКГИ) «Альтаир»;
- вычислительная система комплексного тренажера российского сегмента (ВС КТРС);
- система имитации связи «Борт–Земля» (СИСБЗ);
- система ремонтно-технологической связи (СРТС);
- система электропитания (СЭП);
- тренажер американского сегмента МКС (АСТ);
- система вентиляции и кондиционирования воздуха в рабочем месте оператора (РМО) СМ.

Контроль за автоматическим сближением ТГК «Прогресс» с МКС и управление системами ТКРС МКС осуществляется экипажем через средства отображения информации на РМО СМ, которыми являются:

- видеоконтрольное устройство (ВКУ) «Символ-Ц»;
- ВКУ2 – МАК-001;
- монитор Laptop SSC1 центрального поста (ЦП) КТ СМ;
- форматы Laptop RSS1.

В процессе проведения тренировки на КТ СМ экипаж, находясь на ЦП, выполняет подготовку систем к работе и выдает необходимые команды, используя бортовую документацию и поступившие радиogramмы на борт.

Схема контроля экипажем режима сближения ТГК с МКС и функционирования бортовых систем представлена на рис. 1.

СОИ в обеспечении режима «Сближение с ТГК» на ТКРС МКС

СОИ – комплекс аппаратных и программных средств, объединенных единой целью (отображение информационной модели управляемого объекта) и общим алгоритмом функционирования, преобразующий воспроизведенную информацию в команды управления или сообщения.

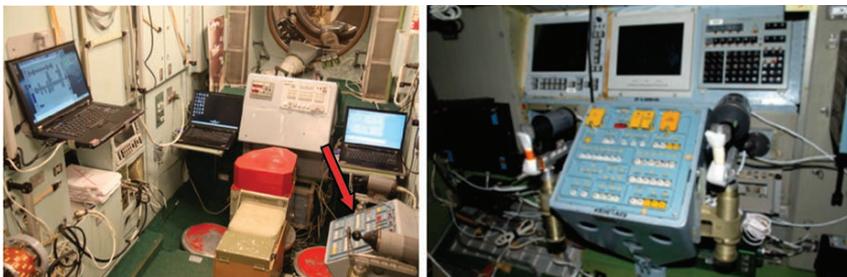
В комплекс аппаратных и программных средств СОИ ТКРС МКС входят:

- имитатор бортовой ЭВМ, инженерная станция (ИС) МБВС;
- функционально-моделирующий вычислительный комплекс (ФМВК)

ВС КТРС;

- телевизионная аппаратура (ТВА) «Гранит»;
- система компьютерной генерации изображения (СКГИ) «Альтаир»;
- устройства отображения информации (УОИ) КТ СМ;
- УОИ ПКУ ТКРС МКС;
- УОИ ПКУ МЛМ;
- УОИ пультов управления (ПУ) тренажеров и функциональных систем (МБВС, АСТ, ВС КТРС, ТВА «Гранит», СКГИ «Альтаир»);
- кабельная сеть.

СОИ на КТ СМ обеспечивает вывод информации на УОИ ЦП согласно логике работы штатных бортовых систем (рис. 2).



а) оборудование ТОРУ в тренажере СМ б) оборудование ТОРУ на СМ МКС

Рис. 2. Центральный пост служебного модуля

Для обеспечения контроля за действиями экипажа и состоянием систем ТКРС информация отображается на мониторах операторов ПКУ ТКРС и ПКУ МЛМ. Кроме форматов повторителей штатных приборов на ТКРС реализовано отображение технологических форматов с расширенными возможностями управления и контроля системами.

Для проведения тренировок по режиму автоматического сближения ТГК с МКС на РМО ПКУ МЛМ разработан интерфейс, представляющий собой совокупность форматов, которые отображаются на левом мониторе нижнего ряда. Структурно формат состоит из активных «клавиш», которые, в свою очередь, открывают и активизируют форматы управления с надписью функционального назначения (рис. 3).

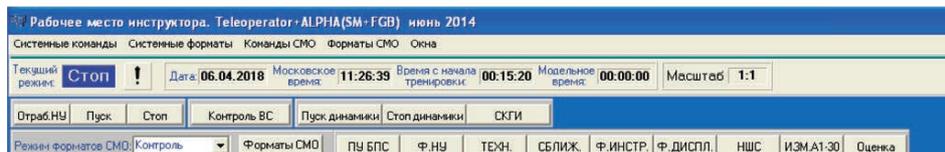


Рис. 3. Формат «РМО инструктора Teleoperator»

Сигналы (формата RGBHV) видеосюжетов внешней визуальной обстановки ТКРС МКС, формируемые СКГИ «Альтаир», выводятся СОИ на верхний ряд мониторов ПКУ ТКРС и ПКУ МЛМ (рис. 4) [1].

Моделирование динамики ТГК «Прогресс» осуществляет модель бортовой вычислительной системы (МБВС). На КТ СМ реализованы два вектора состояния сближения ТГК с МКС: с 200 км и с 50 км. Управление сближением, облетом, причаливанием и стыковкой ТГК к станции проводится по протоколу обмена МБВС с сервером функционально-моделирующего вычислительного комплекса (ФМВК) вычислительной системы комплексного тренажера российского сегмента (ВС КТРС).

По данным от МБВС и ВС КТРС производится:

- формирование информации для виртуальных объектов (МКС и ТГК) СКГИ «Альтаир» (имитация камеры ТГК), дальность 150 м. СОИ выводит изображение пилотируемых космических аппаратов (ПКА) на верхний ряд мониторов ПКУ ТКРС и ПКУ МЛМ (рис. 5.);
- формирование информации для дисплейного формата Ф44 на дисплей видеоконтрольного устройства (ВКУ) (имитация информации от «Символ-Ц» ТГК).

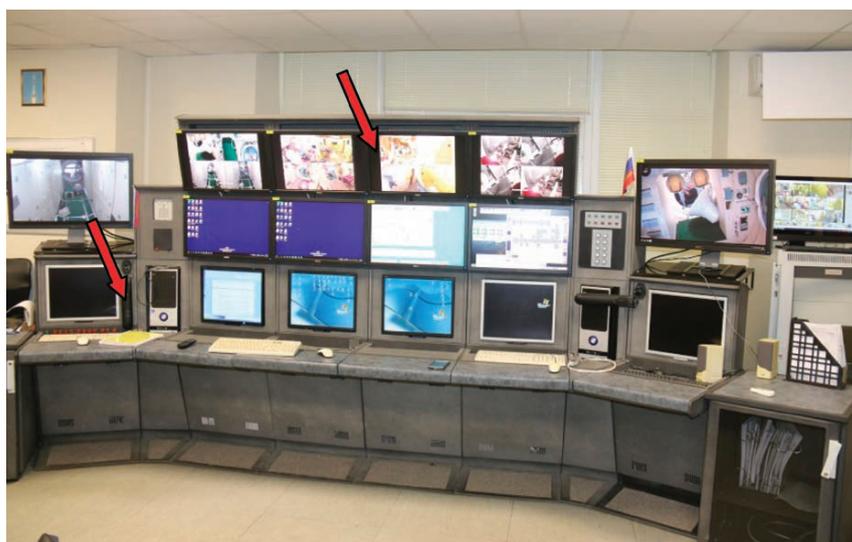
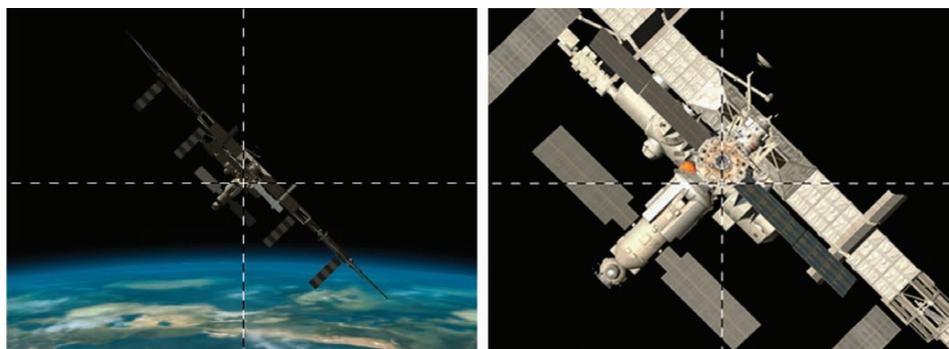


Рис. 4. РМО ПКУ МЛМ для режима автоматического сближения ТГК с МКС



а) широкий угол обзора

б) узкий угол обзора

Рис. 5. Выведение изображения от СКГИ

СОИ выводит изображение дисплейного формата Ф44 (с наложением от СКГИ «Альтаир» изображения ПКА) от «Символ-Ц» экипажу: на видеоконтрольное устройство (ВКУ2) – МАК-001 КТ СМ, на Laptop SSC центрального поста (ЦП) КТ СМ (на Laptop должно быть запущено «Приложение NASA MPEG2 Viewer») и на левое ВКУ SONY ПКУ ТКРС (рис. 6). При необходимости формат Ф44 можно скоммутировать на любой из мониторов верхнего ряда ПКУ ТКРС и ПКУ МЛМ;

- обмен данными с пультом управления блоком преобразования сигналов (ПУ БПС) и ручками управления ориентацией и движением (РУО и РУД), для реализации режима ручного причаливания и стыковки;
- контроль динамических параметров по формату Ф44 (рис. 6).

Связь двухканальная – от камер КЛ-153 на ТГК или КЛ-154 на СМ видеосигнал выводится СОИ и коммутируется оператором ПКУ СМ, тем самым позволяя наблюдать на формате Ф44 параметры сближения или со стороны ТГК «Прогресс», или со стороны МКС.



а) имитация динамики сближения

б) момент стыковки (с камеры ТГК)

Рис. 6. Контроль динамических параметров по формату Ф44

Анализ работы СОИ на ТКРС МКС

В настоящее время СОИ ТКРС МКС в целом обеспечивает отображение информации для решения задач подготовки космонавтов в соответствии с программой полета.

При проведении анализа работы СОИ в процессе проведения тренировок по режиму автоматического сближения ТГК с МКС выявлен ряд недостатков. Моделирование движения ПКА (ТГК и МКС) не всегда обеспечивало плавность движения изображения виртуального объекта на УОИ, периодически наблюдались скачки изображения, иногда происходило «зависание» и пропадание изображения.

Для устранения сбоев в работе необходимо было выполнить перезапуск, тестирование и настройку технических средств, проверку конфигурации ТКРС, ввод начальных условий и приведение бортовых систем в состояние, соответствующее этапу полета.

Системный анализ эксплуатации ТКРС МКС позволил выработать методику предупреждения неисправностей в работе аппаратно-программных средств СОИ и мероприятия по восстановлению их работоспособности в кратчайшие сроки.

На аппаратной части МБВС, ВС КТРС, ТВА «Гранит» и СКГИ «Альтаир» организованы и проведены необходимые исследования и проверки. Выполнены доработка и отладка специального программного обеспечения (СПО), перенастройка и отладка всей аппаратуры, задействованной в режиме «Сближение».

Модернизация СОИ в интересах режима «Сближение»

В связи с изменениями состава МКС, логики работы бортовых систем, появлением новых задач, а также корректировкой требований на подготовку экипажей к космическому полету и выявленных в процессе эксплуатации неисправностей возникает необходимость регулярной доработки и обновления аппаратно-программного комплекса ТКРС МКС и модернизации оборудования.

На ТКРС МКС была осуществлена модернизация и доработка комплекса аппаратных и программных средств СОИ.

Была проведена работа по модернизации:

1. МБВС

На инженерной станции (ИС) МБВС доработан интерфейс оператора ПУ, СПО и ряд форматов управления режимом автоматического сближения ТГК с МКС. Это упростило работу операторов ПКУ ТКРС. Операторы ПУ МБВС более детально могут производить мониторинг выполняемых операций: время запуска модели относительного движения, время подключения «Курс-П», время перехода в режим сближения, время мехзахвата и др.

2. СКГИ «Альтаир» и телевизионной аппаратуры (ТВА) «Гранит»

Одной из решаемых задач СКГИ «Альтаир» (в режиме автоматического сближения ТГК с МКС) является моделирование визуальной обстановки. А именно, формирование управляемых от ВС КТРС динамических сюжетов, имитирующих работу бортовой стыковочной телекамеры КЛ-153 ТГК «Прогресс» и телекамеры КЛ-154 модуля СМ МКС.

В ходе работ по модернизации СКГИ «Альтаир» были заменены два формирователя изображений, участвующих в создании визуальной обстановки в режиме автоматического сближения ТГК с МКС, доработано СПО. В результате улучшилось качество изображения динамических сюжетов, моделируемых формирователями изображения СКГИ «Альтаир» и выводимое СОИ операторам в РМО СМ, ПКУ ТКРС и ПКУ МЛМ.

В режиме автоматического сближения ТГК с МКС ТВА «Гранит» обеспечивает трансляцию и коммутацию видеоинформации, формируемой СКГИ «Альтаир», а также ее отображение в средствах наблюдения РМО СМ: на аппаратуре «Символ-Ц» и на ВКУ «МАК 001». Также ТВА «Гранит» обеспечивает синхронизацию видеосигналов, получаемых от СКГИ «Альтаир», с аппаратурой «Символ-Ц». Схема взаимодействия приведена на рис. 7.

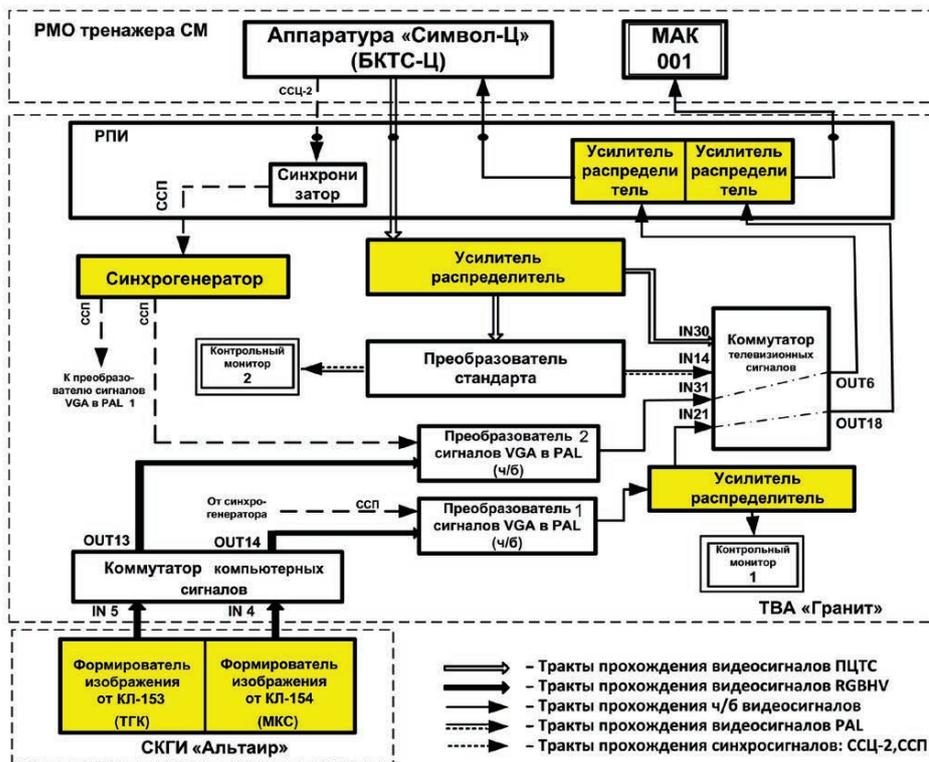


Рис. 7. Схема взаимодействия СКГИ «Альтаир» и ТВА «Гранит»

При модернизации ТВА «Гранит» обновлен тракт передачи изображений, формируемых в СКГИ «Альтаир» и передаваемых СОИ операторам в РМО СМ, ПКУ ТКРС и ПКУ МЛМ. Были заменены старые блоки корректоров на новые усилители-распределители телевизионных сигналов и установлен современный синхрогенератор, доработано СПО.

Выполненные работы позволили повысить надежность работы ТВА «Гранит» и надежность передачи СОИ видеосигналов на УОИ в процессе проведения тренировок в режиме автоматического сближения ТКГ с МКС.

В состав СОИ ПКУ ТКРС МКС была введена система обработки и отображения визуальной информации (СООВИ) «Мозаика» [2]. Была подана заявка в Федеральную службу по интеллектуальной собственности (ФСИС) о выдаче патента на полезную модель «Системы обработки и отображения визуальной информации для пультов контроля и управления космических тренажеров».

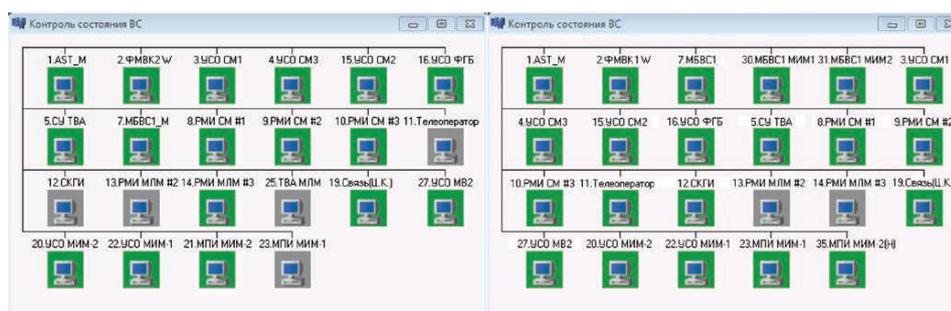
СООВИ расширила возможности СОИ в части структурирования телевизионных сигналов на ПКУ ТКРС МКС и повысила качество работы межведомственной экзаменационной комиссии (МЭК) на экзаменационных комплексных тренировках (ЭКТ) [1]. Предоставление видеoinформации от СООВИ визуально удобно, поиск информации не отвлекает операторов ПКУ от управления ЭКТ.

3. ВС КТРС

Доработан дисплейный формат Ф44 – выводимая на формат информация соответствует штатной.

Полностью заменен ФМВК. Доработан формат состояния узлов межмашинной связи «Контроль состояния ВС», выводимый СОИ на рабочее место оператору-инженеру ПКУ ТКРС МКС (рис. 8).

На формате «Сближение» реализовано масштабирование формата (1:1 и 1:2), а также добавили дополнительные параметры на сам формат (4 ячейки в правом столбце) (рис. 9). СОИ выводит формат на рабочее место оператору-инженеру ПКУ МЛМ.



а) старый

б) новый

Рис. 8. Формат «Контроль состояния ВС» на ПКУ ТКРС МКС

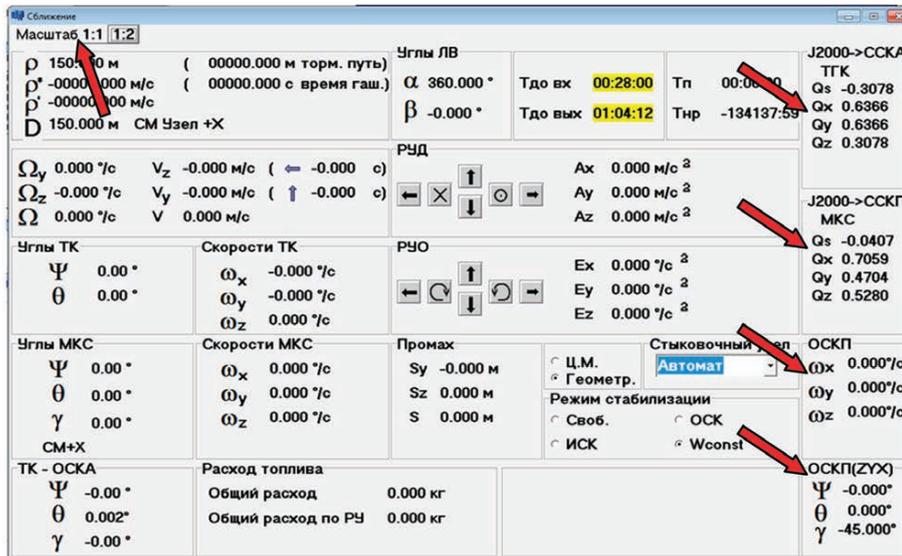


Рис. 9. Формат «Сближение» на ПКУ МЛМ

По рекомендации инструкторов доработан «Формат НУ». Так как по завершении тренировки формируется отчет с оценкой, то информация в строках «Инструктор» и «Позывной экипажа» не сбрасывается (рис. 10). СОИ выводит формат на рабочее место оператору-инженеру ПКУ МЛМ.

На формате «Технология» изменена форма отображения информации. Для ввода НшС добавились кнопки отключения динамического контура. Используется для отладки режима. СОИ выводит формат на рабочее место оператору-инженеру ПКУ МЛМ.

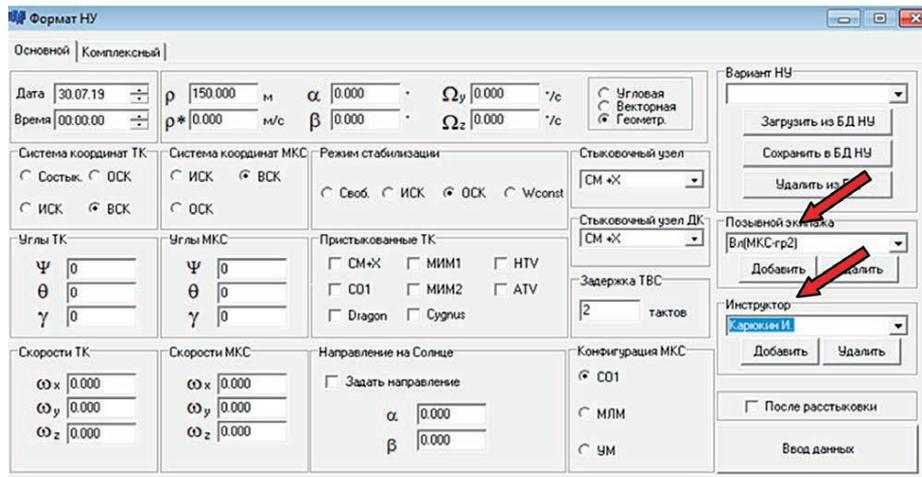


Рис. 10. «Формат НУ» на ПКУ МЛМ

По завершении тренировки в документ Microsoft Word формируется отчет, где регистрируются действия экипажа, введенные НшС, а также особенности режима (рис. 11).

Отчет по завершению тренировки является расширенным аналогом формата «Оценка операторской деятельности» (рис. 12). Отчет выводят на верхний левый монитор ПКУ ТКРС только во время экзамена для комиссии.

Телеоператор ТКК«Прогресс МС»

Дата: 07.02.2018 Время: 09:41 Экипаж: Брс(МКС-23) Инструктор: Карюкин Оценка за тренировку: 0,00

№	Режим	Особенности выполнения режима	Начальные параметры и ориентация						Конечные параметры (оценки)				ОЦР	
			МКС	ρ м	α °	Ω_z %/с	Углы	ТГК	МКС	Впрод м/с	S м	α °		$\theta\gamma$ %/с
УЗЕЛ	ρ' м/с	β °	Ω_z %/с	курс ψ	тангаж Θ	крен γ	Стаб	Вбок м/с	ρ м	γ °	$\theta\gamma z$ %/с			
1	ПРИЧАЛИВАНИЕ МКС - Wconst БЕЗ КАСАНИЯ	МММ1	15	0,0	0,000	0,0	0,0	0,0	0,0	0,935				
			-0,120	0,0	0,000	0,0	0,0	0,0	0,0		71			
01:47,42м МКС в ТП			02:10,68м А. Фара											
2	ПРИЧАЛИВАНИЕ МКС - Wconst	СМ -Х	9	0,0	0,000	0,0	0,0	0,0	0,0	Wconst	-0,727	0,031	9,494	-0,109
			-0,120	0,0	0,000	0,0	0,0	0,0	0,0	Wconst	0,019		0,126	0,247
3	ПРИЧАЛИВАНИЕ МКС - Wconst БЕЗ КАСАНИЯ	МММ1	9	0,0	0,000	0,0	0,0	0,0	0,0	Wconst	-0,001			
			0,000	0,0	0,000	0,0	0,0	0,0	0,0	Wconst	0,131	9		
4	ПРИЧАЛИВАНИЕ МКС - Wconst БЕЗ КАСАНИЯ	МММ1	9	0,0	0,000	0,0	0,0	0,0	0,0	Wconst	0,507			
			0,000	0,0	0,000	0,0	0,0	0,0	0,0	Wconst	0,131	20		
01:08,13м ДЕНЬ			01:09,14м НОЧЬ			01:12,16м Перез ТВ (0.30)			01:14,17м Перез ТВ (0.59)					
5	ПРИЧАЛИВАНИЕ МКС - Wconst БЕЗ КАСАНИЯ	СМ -Х	10	0,0	0,000	0,0	0,0	0,0	0,0	Wconst	0,749			
			0,000	0,0	0,000	0,0	0,0	0,0	0,0	Wconst	0,131	24		
6	ПРИЧАЛИВАНИЕ МКС - Wconst	СО1	5	0,0	0,000	0,0	0,0	0,0	0,0	Wconst	0,000	7,166	90,000	0,000
			-1,000	0,0	0,000	0,0	0,0	0,0	0,0	Wconst	1,000		0,000	0,000
00:13,04м ДЕНЬ														

Рис. 11. Отчет по работе экипажа

Оценка операторской деятельности

Причаливание Сближение

Параметры оценки

Параметры касания

Kvprod 0.000 м/с 0.00

Kvбок 0.000 м/с 0.00

Ks 0.000 м 0.00

Ka 0.000 ° 0.00

Ku 0.000 ° 0.00

Kwу 0.000 °/с 0.00

Kwуz 0.000 %/с 0.00

Пролет 0 м 0.00

Параметры топлива и времени

Gпр 0.000 кг 0.00

РУД 0.000 кг

РУО 0.000 кг

Тпр 00:00:00 0.00

Параметры оценки топлива и времени

5 4 3

Gпр. кг 0 0 0

Тпр. с 10 15 20

Оценки за режим

Выполнено режимов 0

Оценка за режим 0.00

Оценка за тренировку 0.00

Рис. 12. Формат «Оценка операторской деятельности»

Выводы

Для поддержания на требуемом уровне высокого качества формируемых и выводимых на УОИ изображений, требуется регулярная доработка аппаратных частей СОИ на ТКРС МКС и обновление СПО в соответствии задачам выполнения программы подготовки экипажей.

Результатом совершенствования СОИ ТКРС МКС и его функциональных подсистем в части обеспечения тренировок экипажей по режиму автоматического сближения ТКГ с МКС стало:

- повышение качества работы операторов ПКУ ТКРС МКС;
- повышение качества работы операторов ПУ МБВС;
- повышение качества работы МЭК на ЭКТ;
- повышение надежности работы аппаратно-программной части СКГИ «Альтаир» и ТВА «Гранит»;
- повышение качества формируемых изображений СКГИ «Альтаир» и ТВА «Гранит»;
- расширение возможностей СОИ ПКУ на ТКРС МКС в части структурирования видеоинформации СООВИ;
- повышение характеристик передачи и выведения изображений СОИ ПКУ для обеспечения операторами ПКУ контроля работы экипажа и состояния тренажерных систем.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] В.В. Батраков, В.И. Брагин. Использование системы обработки и отображения информации в составе пульта контроля и управления тренажерного комплекса РС МКС // Пилотируемые полеты в космос. – № 3(32). – 2019. – С. 57–67.
- [2] Система обработки и отображения визуальной информации для пультов контроля и управления космических тренажеров / Батраков В.В., Брагин В.И., Шевченко Л.Е. // XLVI общественно-научные чтения, посвященные памяти Ю.А. Гагарина. – г. Гагарин, 2019.

REFERENCES

- [1] V.V. Batrakov, V.I. Bragin. Use of the visual information processing and display system as part of the monitoring and control panel of the ISS RS simulator complex // Scientific journal “Manned Spaceflight”. – No 3(32). – 2019. – pp. 57–67.
- [2] A system for processing and displaying visual information for space simulator control panels / Batrakov V.V., Bragin V.I., Shevchenko L.E. // XLVI Public scientific readings dedicated to the memory of Yu.A. Gagarin. – Gagarin city, 2019.