

# ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА ПИЛОТИРУЕМЫХ ПОЛЕТОВ В КОСМОС

## THEORY AND PRACTICE OF HUMAN SPACE FLIGHTS

УДК 629.78.072

DOI 10.34131/MSF.19.3.37-46

### ИНФОРМАЦИОННАЯ ПОДДЕРЖКА МЕЖВЕДОМСТВЕННОЙ КОМИССИИ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ТРЕНИРОВОК НА ТРЕНАЖЕРАХ РС МКС

В.Н. Саев, В.В. Батраков, Т.Ю. Маликова

Докт. техн. наук, доцент В.Н. Саев; В.В. Батраков; Т.Ю. Маликова  
(ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина»)

В статье представлена структура формализованных информационных потоков системы отображения информации (СОИ) пульта контроля и управления (ПКУ) тренажерного комплекса (ТК) российского сегмента (РС) Международной космической станции (МКС). Данную информацию используют члены межведомственной экзаменационной комиссии (МЭК) для анализа и оценки деятельности экипажа и оперативный персонал ПКУ для управления экзаменационной комплексной тренировкой (ЭКТ). Разработана информационная модель получения необходимой информации членами МЭК от СОИ ПКУ для анализа и оценки деятельности экипажа. Представлен состав, вид, объем и размещение выводимой информации на рабочем месте (РМ) членов МЭК.

**Ключевые слова:** межведомственная экзаменационная комиссия, экзаменационная комплексная тренировка, тренажерный комплекс, пульт контроля и управления, система отображения информации, информационная модель.

#### **Information Support of the Interdepartmental Examining Board While Training Sessions on the ISS RS Simulator Complex.**

**V.N. Saev, V.V. Batrakov, T.Yu. Malikova**

The paper shows the structure of formalized information traffic generated by the information display system (IDS) of the monitoring and control panel (M&CP) of the ISS RS Simulation Complex (SC). This information is used by members of the Interdepartmental Examining Board (IDEB) to analyze and assess crew and by operational personnel of the M&CP to manage the examining complex training (ECT). The information model of getting required data from the M&CP IDS by the IDEB members was developed to analyze and assess crew operation. The paper gives the content, kind, volume, and placing information outputted on the workplace of the IDEB members.

**Keywords:** Interdepartmental Examining Board, examining complex training, information display system, information model.

Заключительным этапом в программе подготовки экипажей к предстоящему полету является ЭКТ.

Для проведения ЭКТ создается МЭК. МЭК представляет группы специалистов из числа сотрудников Центра подготовки космонавтов имени Ю.А. Гагарина, опытных космонавтов, представителей организаций-разработчиков летного изделия, организаций-постановщиков космических экспериментов (КЭ) и других заинтересованных организаций [1].

Основные данные для членов МЭК предоставляются СОИ. В процессе ЭКТ контроль работоспособности и, при необходимости, управление имитацией полета посредством СОИ осуществляет оперативный персонал ПКУ. В состав оперативного персонала входят бригада инженеров и бригада инструкторов [2]. На рис. 1 представлены пользователи СОИ ПКУ и их функциональные обязанности.

На ЭКТ СОИ ПКУ обеспечивает пользователей данными:

- для визуального контроля и анализа деятельности экипажей;
- для контроля состояния тренажерного комплекса (систем, средств автоматизации, каналов связи и др.).

Члены МЭК используют в работе те же устройства отображения информации (УОИ), что и бригада инструкторов, осуществляющая оперативный контроль и управление тренировкой. Не имея специализированного РМ, члены МЭК не имеют прямого доступа к информации. Для обеспечения членов МЭК необходимой информацией предлагается создать специализированное РМ, расположенное вне зоны ПКУ ТК РС МКС.

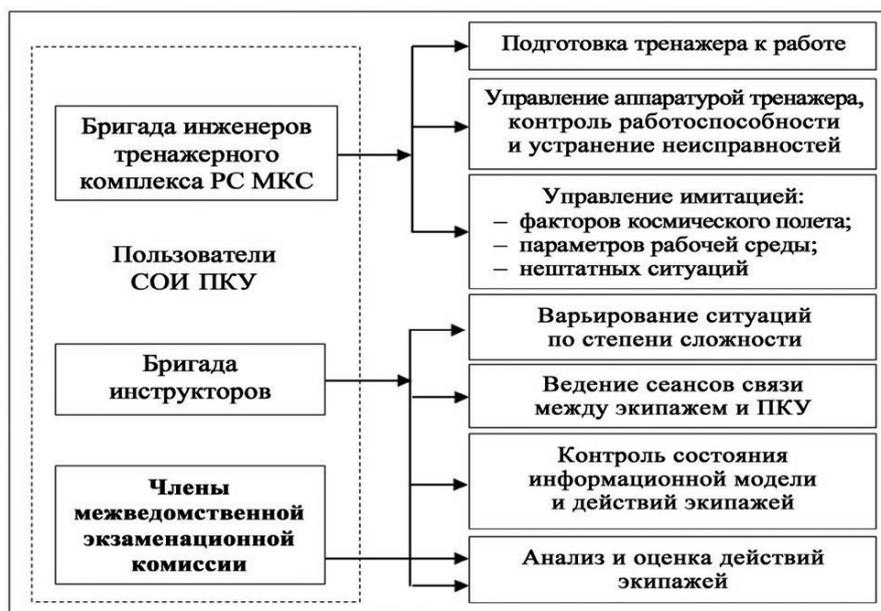


Рис. 1. Пользователи СОИ ПКУ и их функциональные обязанности

## Структура информационных потоков СОИ ПКУ ТК РС МКС

Контроль и управление процессом проведения тренировок на ТК РС МКС осуществляется посредством системы управления тренировкой (СУТ) (рис. 2).



Рис. 2. Компоненты СУТ ТК РС МКС

Основным компонентом СУТ ТК РС МКС является СОИ ПКУ [3].

СОИ ПКУ определяется как комплекс аппаратных и программных средств, объединенных единой целью – отображение информации о состоянии функционирования объекта управления (ТК РС), внешней среды и его экипаже [3].

На рис. 3 показана структура формализованных информационных потоков СОИ ПКУ ТК РС МКС, где представлено распределение информации по ее назначению.

СУТ ТК РС МКС позволяет выводить на УОИ ПКУ более 540 форматов различного назначения и видеоизображения от аппаратуры ТВА [3]. Из них 204 формата по 28 системам используются постоянно. ТВА обеспечивает на видеоконтрольных устройствах (ВКУ) 30 видеоизображений с ТВ-камер и 4 компьютерных видеоизображения системы компьютерной генерации изображения (СКГИ). Анализ структуры информационно-управляющей модели СОИ ПКУ ТК РС МКС и выполняемого объема задач МЭК показал, что



Рис. 3. Структура формализованных информационных потоков СОИ ПКУ

количество необходимой информации для членов ЭКТ не будет превышать 60 % от объема используемой информации пользователями СОИ [4]. При этом информацию для членов МЭК можно полностью заимствовать из общего объема информации, используемой операторами ПКУ при проведении обычной тренировки:

- информация для контроля операторской деятельности;
- информация для контроля функционирования бортовых систем;
- информация о психофизиологическом состоянии операторов;
- справочная информация.

Справочная информация должна включать материалы по модулям МКС и их системам, бортовую документацию, материалы по направлениям деятельности членов МЭК, дополнительную информацию об экипажах, методики по выполнению спецработ и космических экспериментов.

### Состав информации для работы МЭК

Циклограмма проведения ЭКТ включает в себя более 50 работ (без НшС), позволяющих оценить готовность экипажа к предстоящей деятельности на борту МКС. Для контроля каждой работы космонавтов членам МЭК на ПКУ необходимо получить отдельную рабочую информацию. Например, выполняемая по циклограмме космонавтами работа № 2 «Ежедневная конференция по планированию S-band», требует вывода на СОИ 12 форматов (таблица), а работа № 37 «Проверка работы ПА СТС ФГБ» – более 30 форматов и видеоизображений из модулей ТК РС МКС.

Таблица

№ работы	Наименование работы по циклограмме	Рабочая информация на ПКУ
2	Ежедневная конференция по планированию (S-band)	Формат «Контроль состояния ВС» Формат «Формат ТК УСО» Формат «Коммутатор цифровой связи» Формат «ВСБ-91-1» Формат «ВСБ-91-2» Формат «ВСБ-91-3» Формат «ВСБ-91-4» Формат «ВСБ-91-5» Формат «ВСБ-91-6» Повторитель «Laptop AST» Пульт организации связи (ПНС) на ПКУ Формат «Монитор событий»
37	Проверка работы ПА СТС ФГБ	Формат «Контроль состояния ВС» Формат «Формат ТК УСО» Формат «ВСБ-91-1» Формат «ВСБ-91-2» Формат «ВСБ-91-3» Формат «ВСБ-91-4» Формат «ВСБ-91-5» Формат «ВСБ-91-6» Формат «ВСБ-95-1» Формат «ВСБ-95-2» Пульт организации связи (ПНС) на ПКУ Повторитель «Laptop PCS» Повторитель «Laptop AST» Формат «ИнПУ А387» Формат «Управление средствами ТВА» ТВ-камера «центральный пост СМ» ТВ-камера «рабочий отсек РО2» ТВ-камера «вторая плоскость РО2 «Медицинский шкаф» ТВ-камера «четвертая плоскость РО2 «Пульты системы ЖО» ТВ-камера «переходной отсек ПхО» ТВ-камера «ПГО» (приборно-грузовой отсек ФГБ) ТВ-камера «ГА» (гермоадаптер ФГБ) ТВ-камера «ГА-ПГО» ФГБ ТВ-камера «РМО ФГБ-SSC» ТВ-камера наблюдения СО1 № 1 ТВ-камера наблюдения СО1 № 2 ТВ-камера наблюдения МИМ1 № 1 ТВ-камера наблюдения МИМ1 № 2 ТВ-камера наблюдения МИМ2 № 1 ТВ-камера наблюдения МИМ2 № 2 Формат «Монитор событий»

Анализ циклограммы ЭКТ показывает, что средства отображения ПКУ для управления тренажерами, ведения контроля действий экипажа, «подыгрывания» в рабочих ситуациях и анализа работы космонавтов предоставляют комиссии 81 формат и видеоизображение. Для анализа работ, выполняемых экипажем по КЭ, требуется 42 формата и видеоизображения с ТВ-камер, из которых 25 общие, как и для всех пользователей, а 17 индивидуально по ведомствам [5].

### Информационная модель СОИ ПКУ для МЭК

Информация, выводимая на УОИ ПКУ как математическое множество, является совокупностью информационных объектов, которую представим в формализованном виде.

Из всей информации  $\Omega_{Q_{МЭК}}$ , выводимой на УОИ ПКУ, для членов МЭК следует предоставлять специализированную информацию  $Q_{МЭК}$ , соответствующую специфики их деятельности. Множество возможных решений в теории множеств трактуется как универсальное, оно основывается на всем объеме информации  $\Omega_{Q_{МЭК}}$  (540 «единиц»), выводимом на ПКУ. Информация  $Q_{МЭК}$  (81 «единица»), используемая членами экзаменационной комиссии, является подмножеством  $\Omega_{Q_{МЭК}}$ .  $Q^*_{МЭК}$  (42 «единицы»), влияет на оценку действий экипажа к выполнению программы предстоящего космического полета и, в свою очередь, является подмножеством  $Q_{МЭК}$ .

Изобразим информационное взаимодействие МЭК и СОИ ПКУ в виде диаграммы Эйлера–Венна (рис. 4).

На рисунке обозначено:

- $N$  – общее количество членов МЭК на ЭКТ;
- $G^N$  – количество членов МЭК в группе;
- $\Omega_{Q_{МЭК}}$  – вся информация, выводимая на УОИ СОИ ПКУ;
- $Q_{МЭК}$  – информация, используемая членами МЭК;
- $Q^*_{МЭК}$  – информация, которая влияет на оценку степени готовности экипажа к выполнению программы предстоящего космического полета;
- $Q_{1, 2, \dots, n}$  – информация (индивидуальная) для каждой группы МЭК.

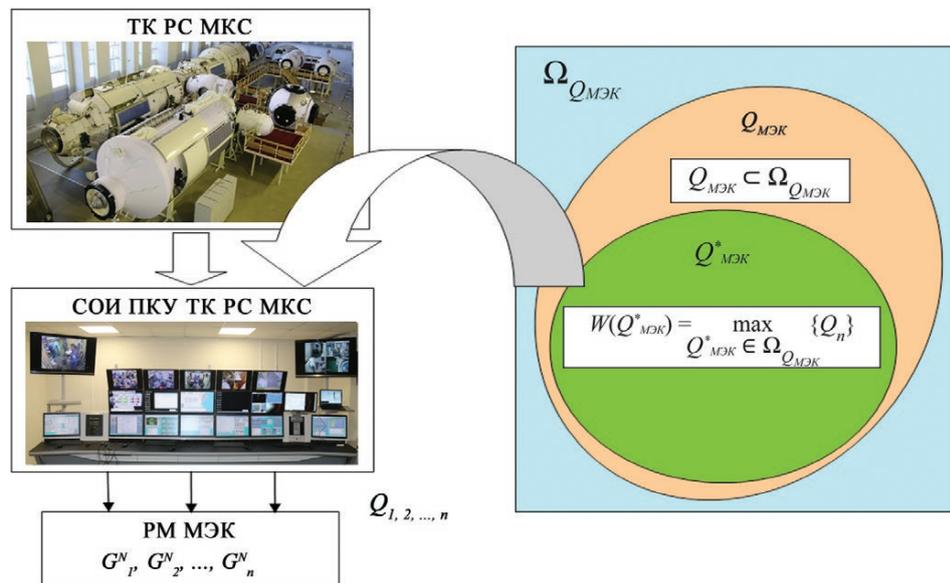


Рис. 4. Информационное взаимодействие МЭК и СОИ ПКУ

По результатам проведенного анализа ранее выполненных работ [5], касательно ЭКТ:  $N$  соответствует  $\sim 40$  членам МЭК,  $G^N - 5$  и выше различных групп МЭК (в зависимости от циклограммы ЭКТ);  $\Omega_{Q_{МЭК}}$  содержит  $\sim 540$  «единиц» информации на СОИ;  $Q_{МЭК} - 81$  и  $Q_{МЭК}^* - 42$  «единицы» информации соответственно;  $Q_n$  – индивидуальна, в зависимости от опыта членов МЭК, входящих в группу.

Создание информационной модели, интерфейса и специального программного обеспечения позволит определить необходимый состав информации  $Q_{МЭК}^*$  и ее удобного предоставления на перспективном рабочем месте экзаменационной комиссии (для каждой группы членов МЭК), исходя из индивидуальных профессиональных потребностей –  $Q_n$ , количества членов МЭК –  $N$ , а также числа информационных средств –  $n$  РМ МЭК с техническими параметрами –  $\{\tau_{1, 2, \dots, i}\}_n$ :

$$Q_{МЭК}^* = N (G^N Q_n) F(\tau)_n. \quad (1)$$

Состояние рабочего поля УОИ на ПКУ в процессе функционирования СОИ может меняться в зависимости от потока информации, поступающей в систему в различные моменты времени. Основными причинами изменения являются действия экипажа и оперативного персонала ПКУ, выполняемые в соответствии с циклограммой тренировки и определенными решениями инструкторов по управлению ЭКТ. На проведение анализа работы экипажа членами экзаменационной комиссии и принимаемые ими решения  $W(Q_{МЭК}^*)$  для оценки их подготовленности накладываются определенные ограничения, связанные с неудобством расположения информации на УОИ ПКУ и неудобным доступом к ним:

$$Q_{МЭК}^* = F(G^N, N, C, Q_n, \tau). \quad (2)$$

Анализ действий экипажа членами МЭК приводит к принятию ими некоего решения  $W(Q_{МЭК}^*)$ , опираясь на полученную от СОИ информацию –  $Q_{МЭК}^*$  ( $Q_{МЭК}^* \in Q_{МЭК}$  где  $Q_{МЭК} \subset \Omega_{Q_{МЭК}}$ ), при достижении максимума функционала:

$$W(Q_{МЭК}^*) = \max_{Q_{МЭК}^* \in \Omega_{Q_{МЭК}}} \{Q_n\}. \quad (3)$$

Таким образом, выбор лучшего решения  $W(Q_{МЭК}^*)$  из множества получаемой информации  $\Omega_{Q_{МЭК}}$  в процессе анализа действий экипажа для МЭК возможен при решении задачи оперативного отбора необходимой информации и ее отображения на предлагаемом специализированном РМ МЭК.

Выражение (3) является информационной моделью отображения информации на ПКУ и предоставления ее для членов МЭК. Данной информационной моделью описан процесс передачи информации от СОИ ПКУ к членам МЭК, а именно:

- выделение из нее необходимой информации членам МЭК для проведения анализа и оценки подготовки экипажей на ЭКТ;
- отображение на СОИ информации для работы оперативного состава ПКУ;
- выведение необходимой информации на устройства отображения специализированного РМ МЭК для обеспечения оперативного и удобного доступа к ней.

В дальнейшем, используя выражение (3), можно построить математическую модель для исследования передачи и перераспределения информационных потоков операторам ПКУ.

В зависимости от решаемых задач правая часть выражения (3) может содержать количественные характеристики технических средств специализированного РМ: ПЭВМ, ПО, УОИ, кабельной сети и др. В левой части выражения (3) помимо информации, необходимой членам МЭК для принятия решения, может появиться время обработки информации.

Создавая ИМ для членов МЭК, целесообразно руководствоваться требованиями:

- к содержанию ИМ, исходя из потребностей различных групп членов МЭК;
- к количеству информации, соблюдая оптимальный баланс без дефицита или избытка;
- к форме и композиции ИМ, временной последовательности отображения информации и возможностям человека по восприятию информации.

Информация для МЭК выбирается из общего массива информации, используемой бригадой инструкторов при проведении обычной тренировки на ТК РС МКС.

На рабочем месте МЭК предлагается одновременно по группам отображать следующую информацию [6]:

- полетную ситуацию (динамические параметры);
- состояние работы бортовых систем;
- деятельность конкретного члена экипажа;
- текущий прогноз развития введенной нештатной ситуации (НшС) или аварийной ситуации, включая оперативный прогнозный расчет ожидаемых значений параметров работы бортовых систем или динамики в процессе развития НшС;
- регистрацию в реальном времени психофизиологического состояния членов экипажа в сложных условиях деятельности и ответственных ситуациях;
- внешнее наблюдение за относительным положением и перемещением объектов при выполнении маневров;
- справочную информацию.

Информация на рабочее место членов МЭК должна выводиться в виде:

- квитанции выдачи одиночных (нескольких) управляющих воздействий в нужный или заранее заданный момент времени;

- квитанции о записи управляющих воздействий;
- квитанции об исполнении управляющих воздействий;
- параметров контроля обобщенных параметров системы при выдаче управляющих воздействий;
- рекомендаций по действиям экипажа при возникновении НшС;
- оценки влияния выдаваемого управляющего воздействия на безопасность полета и соответствия его заданному режиму.

Информация, предъявляемая МЭК на УОИ, включает в себя:

- информацию о состоянии объектов управления (работоспособность приборов, бортовых систем, текущие значения основных параметров функционирующих бортовых систем, научной аппаратуры и т.д.);
- информацию о состоянии внешней среды (положение Земли и Солнца относительно МКС и т.д.);
- информацию о функционировании служебных бортовых систем (выбранные режимы работы систем, включение/отключение блоков, пультов систем, состояние вычислительных устройств, датчиков, исполнительных органов и контрольно-проверочной аппаратуры, временная информация).

Приведенный перечень информации предлагается выводить на УОИ специализированного РМ МЭК [6].

Специализированное РМ предполагает наличие четырех-пяти посадочных мест для членов МЭК, оснащенных ПЭВМ со специальным программным обеспечением и интерфейсом, УОИ, средствами связи с оперативным составом ТК РС МКС) [7].

## Выводы

Представлена структура информационно-управляющей модели СОИ ПКУ ТК РС МКС. Массив выдаваемой информации оперативному составу ПКУ разделен по назначению. Проведено сравнение объемов информации, получаемой оперативным составом ПКУ и отдельными членами МЭК для исключения «перегрузки» интерфейса на предлагаемом специализированном РМ МЭК. Предлагается основной объем информации для МЭК заимствовать из общего объема информации, используемой оперативным персоналом ПКУ при проведении обычной тренировки. Опираясь на весь выдаваемый СОИ ПКУ и необходимый для работы членам МЭК поток информации, построена ИМ отображения информации для предоставления ее членам МЭК. Данной ИМ описан процесс получения необходимой информации членами МЭК из всего объема выдаваемого оперативному составу ПКУ от СОИ. Используя полученную ИМ, имеется возможность построить математическую модель для проведения исследований передачи и перераспределения информационных потоков от СОИ операторам ПКУ (между операторами) сложных автоматизированных систем управления. Предъявлены требования к форме и содержанию ИМ. Предложены структура, вид, полнота предоставления информации, а также техническое оснащение РМ МЭК.

## ЛИТЕРАТУРА

- [1] Батраков В.В. Информационное обеспечение экспертов межведомственной экзаменационной комиссии при проведении комплексных экзаменационных тренировок на тренажерах РС МКС // Пилотируемые полеты в космос. – № 2(23). – 2017. – С. 37–44.
- [2] Шукшунов В.Е., Циблиев В.В., Потоцкий С.И. Тренажерные комплексы и тренажеры. Технологии разработки и опыт эксплуатации. – М: Машиностроение, 2005. – 24 с.
- [3] Шевченко Л.Е., Батраков В.В. Пути совершенствования структуры СОИ ПКУ тренажерного комплекса РС МКС // Труды IX Международной конференции «Психология труда, инженерная психология и эргономика 2014». – Санкт-Петербург, 2014.
- [4] Батраков В.В. Модификация пульта контроля и управления космического тренажера для проведения экзаменационных тренировок экипажей // Труды Международной конференции «Пилотируемое освоение космоса». – Королёв, 2016.
- [5] Батраков В.В. Анализ состава контрольной информации при проведении экзаменационных тренировок на космических тренажерах // 12 МНПК «Пилотируемые полеты в космос». – Звездный городок, 2017.
- [6] Сапезжинская А.М., Полунина Е.В. Представление информации для экспертов межведомственной экзаменационной комиссии на комплексном тренажере российского сегмента МКС // Труды второй Международной научно-практической конференции «Человеческий фактор в сложных технических системах и средах». – Санкт-Петербург, 2016. – С. 348–354.
- [7] Батраков В.В., Игнатьев С.В. Предложения по информационному обмену между СОИ ПКУ на комплексе тренажеров российского сегмента МКС // Материалы XLIII научных чтений, посвященных разработке творческого наследия К.Э. Циолковского. – Калуга, 2008.

## REFERENCES

- [1] Batrakov V.V. Information Support of Experts of the Interdepartmental Examination Board in the Course of the Complex Exam Trainings on Simulators of the ISS RS // Manned Spaceflight. – No 2(23). – 2017. – pp. 37–44.
- [2] Shukshunov V.E., Tsibliyev V.V., Pototskiy S.I. Simulators and Simulator Complexes. Technology Development and Operational Experience – Moscow: Mashinostroenie Publ., 2005. – p. 24.
- [3] Shevchenko L.E., Batrakov V.V. Ways to Improve the Structure of the IDS M&CP of the ISS Integrated Simulator // Proceedings of the IX International Conference “Psychology of labor, engineering psychology and ergonomics – 2014” – St.-Petersburg, 2014.
- [4] Batrakov V.V. Modification of the M&CP for Exam Trainings of Crews // Proceedings of the International Conference “Human Space Exploration”. – Korolyov, 2016.
- [5] Batrakov V.V. Analysis of Control Information in the Course of Exam Trainings on Space Simulators // The 12th International Scientific and Practical Conference “Manned Spaceflight”. – Star City, 2017.
- [6] Sapezhinskaya A.M., Polunina E.V. Information Submission for the Interdepartmental Examination Board on the Integrated Simulator of the ISS RS // Proceedings of the 2nd International Scientific and Practical Conference “Human Factor in Complex Technical Systems and Environments” St.-Petersburg, 2016. – pp. 348–354.
- [7] Batrakov V.V. Ignatyev S.V. Proposals for Data Exchange between the IDS M&CPs of the ISS RS Integrated Simulator // Proceedings of the XLIII Scientific Readings dedicated to the scientific heritage of K.E. Tsiolkovskiy. – Kaluga, 2008.