

ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА ПИЛОТИРУЕМЫХ ПОЛЕТОВ В КОСМОС

THEORY AND PRACTICE OF HUMAN SPACE FLIGHTS

УДК 629.786.2

DOI 10.34131/MSF.19.2.34-43

ТЕХНОЛОГИЯ МОНТАЖА КРУПНОГАБАРИТНОЙ АППАРАТУРЫ НА ВНЕШНЕЙ ПОВЕРХНОСТИ РОССИЙСКОГО СЕГМЕНТА МКС НА ПРИМЕРЕ АППАРАТУРЫ «ИКАРУС»

О.Г. Артемьев, С.В. Прокопьев, Д.М. Аюкаева,
М.Ю. Беляев, О.Н. Волков, Е.В. Долганов, С.С. Киреевичев,
А.И. Князев, А.П. Корнеев

Герой Российской Федерации, канд. экон. наук, летчик-космонавт РФ
О.Г. Артемьев; космонавт-испытатель С.В. Прокопьев
(ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина»)
Д.М. Аюкаева; докт. техн. наук, профессор М.Ю. Беляев; О.Н. Волков;
Е.В. Долганов; С.С. Киреевичев; А.И. Князев; А.П. Корнеев
(Ракетно-космическая корпорация «Энергия»)

Для проведения космического эксперимента по изучению перемещений животных и птиц создана научная аппаратура «Икарус», которая доставлена на борт российского сегмента Международной космической станции (РС МКС) двумя транспортными грузовыми кораблями (ТГК) «Прогресс». Описаны особенности подготовки оборудования в гермообъеме (ГО) стыковочного отсека (СО1) перед внекорабельной деятельностью (ВКД). Представлена последовательность действий экипажа во время ВКД. Отражены этапы предполетной подготовки экипажа по монтажу аппаратуры «Икарус». **Ключевые слова:** перемещение и миграции животных, научная аппаратура, экипаж, внекорабельная деятельность, РС МКС.

Technology of Mounting the Large-Size Equipment on the Outer Surface of the ISS RS as Exemplified by the ICARUS Equipment.
O.G. Artemyev, S.V. Prokopyev, D.M. Ayukaeva, M.Yu. Belyaev, O.N. Volkov, E.V. Dolganov, S.S. Kireevichev, A.I. Knyazev, A.P. Korneev

ICARUS scientific equipment was created for a space experiment to study animal and bird movements. Two Progress vehicles delivered the hardware to the ISS RS. The features of the hardware preparation in the pressurized volume of the docking compartment (DC1) prior to the extravehicular activity (EVA) are

described. The sequence of crew actions during the EVA is given. There is a description of the pre-flight crew training on ICARUS equipment assembling.

Keywords: animal movement and migration, scientific equipment, crew, extra-vehicular activity, ISS RS.

На внешней поверхности российского сегмента Международной космической станции 15 августа 2018 года бортинженерами О.Г. Артемьевым и С.В. Прокопьевым смонтирована научная аппаратура «Икарус». Успешному выполнению поставленной задачи предшествовала длительная работа по подготовке оборудования и тренировке экипажа.

Аппаратура «Икарус» создана в рамках соглашения о сотрудничестве между Германским аэрокосмическим центром и Государственной корпорацией «Роскосмос». Данное соглашение объединяет российский космический эксперимент «Ураган» с германским проектом ICARUS (International Cooperation Research Using Space – «Международное сотрудничество в области научных исследований животных с использованием космических технологий») [1, 2].

В эксперименте «Ураган» с помощью этой аппаратуры решаются следующие задачи:

- экспериментальная отработка аппаратуры на борту РС МКС для дальнейшего использования подобных аналогов на автоматических космических аппаратах;

- получение данных о глобальной миграции животных и птиц;

- определение путей миграций потенциальных переносчиков инфекции для отработки глобальной системы предотвращения распространения заболеваний;

- исследование перемещения птиц и животных для мониторинга экологической ситуации и предупреждения катастрофических явлений на планете;

- определение путей миграции птиц с целью обеспечения безопасности воздушного движения и др.

Аппаратура «Икарус» представляет собой систему, состоящую из бортового и наземного сегментов. В бортовую часть входят управляющий компьютер ОВС-I (On Board Computer Icarus), предназначенный для хранения и обработки данных, и антенный блок, обеспечивающий выдачу баллистических данных тэгам о положении МКС в пространстве, а также сбор данных с тэгов о координатах перемещения птиц и животных при их сезонной миграции. Наземный сегмент включает в себя множество небольших (массой до 5 г) приемопередатчиков (тэгов), которые на Земле крепятся на мигрирующих животных и птицах. Информация с тэгов будет приниматься на МКС антенным блоком, обрабатываться компьютером ОВС-I и транслироваться в Центр управления полетами Москвы (ЦУП-М) с последующей передачей в центр пользователей.

Ученые из Института географии Российской академии наук и Общества научных исследований имени Макса Планка (Германия), а в дальнейшем и ученые со всего мира, зарегистрированные в центре пользователей, смогут пользоваться данными, полученными в ходе эксперимента.

Доставка аппаратуры и монтаж ее внутри гермоотсека

Научная аппаратура (НА) «Икарус» доставлена на МКС двумя транспортными грузовыми кораблями «Прогресс». В октябре 2017 года в состав грузов ТК «Прогресс МС-07» на МКС было включено оборудование «Икарус», предназначенное для монтажа внутри гермоотсека станции (бортовой компьютер ОВС-I, кабели для подключения и кронштейны).

А.Н. Шкаплерову и О.Г. Артемьеву предстояло собрать электрическую схему для подключения ОВС-I к бортовым системам СМ и установить кронштейны, предназначенные для крепления компьютера на рабочее место поверх четырех запоминающих устройств бортовой информационно-телеметрической системы.

Прокладка кабелей в запанельном пространстве станции, где уже имеются десятки ранее проложенных кабелей, – сложная операция, при выполнении которой применяется специальная технология:

– в начале вновь доставленные кабели «Икарус» прокладываются в запанельном пространстве, а их «концы» прибандажируются рядом с местом будущего соединения;

– после завершения первого этапа ранее проложенные кабели подключаются сначала к бортовым системам, а затем уже к самому блоку ОВС-I.

В результате космонавтами было открыто пятнадцать панелей, проложены девять кабелей, длина которых варьировалась от пяти до семи метров, подстыкованы двадцать семь соединителей. Так как некоторые из панелей открывались редко, то при прокладке кабелей «Икарус» несколько раз срабатывал датчик «Дым» из-за поднятой космонавтами пыли в запанельном пространстве. Правильность проведения монтажа кабелей и штатное функционирование компьютера ОВС-I была подтверждена тремя проверочными тестами:

- во время первого теста проверялась правильность сборки схемы в части подключения бортового питания и Ethernet, контроль работоспособности ОВС-I;
- во время второго теста был получен расширенный объем телеметрии от ОВС-I;
- во время третьего теста проверялось получение навигационных и баллистических данных, точность получения ОВС-I бортового времени.

По результатам проведенных тестов было принято решение о полной готовности ОВС-I к проведению эксперимента.

В феврале 2018 года на ТК «Прогресс МС-08» доставлен антенный блок «Икарус», а также специально разработанное в РКК «Энергия» оборудование для его монтажа: мачта, устройство «Якорь-Икарус», кабельные жгуты длиной по пятнадцать метров и др. Шлюзовой отсек (модуль СО1), из которого космонавты в скафандрах «Орлан-М» выходят в открытый космос, имеет выходной диаметр 1000 мм, позволяющий выносить крупногабаритные грузы. Антенна в транспортном положении после перемещения ее в СО1 дооснащается и приобретает конфигурацию для работы в открытом космосе.

С установленным оборудованием дооснащения антенный блок «Икарус» может перемещаться только через этот выходной люк.

Подготовка к внекорабельной деятельности

Выход в открытый космос – сложнейшая задача, которая выполняется космонавтами под руководством специалистов на Земле. Перед выходом космонавты заблаговременно начинают тщательную подготовку скафандров, средств шлюзования и шлюзовых отсеков, служебных систем, оборудования и инструментов, необходимых при работе в космосе. Подготовка научной аппаратуры «Икарус» заключалась в переводе антенного блока из транспортного положения в рабочее, подготовке мачты и устройства «Якорь-Икарус», а также намотке кабельных жгутов на устройство дооснащения универсальной кабельной платформы (УКП). Во время наземной подготовки к внекорабельной деятельности специалисты РКК «Энергия» промоделировали трассу прокладывания кабельных высокочастотных жгутов. Протяженность этой трассы составила около пятнадцати метров. Специально для монтажа НА «Икарус» УКП была доработана устройством дооснащения, позволяющим крепить УКП к поручням во время ВКД. Правильная намотка, укладка и фиксация соединителей в УКП – необходимое условие для успешного монтажа кабелей на внешней поверхности станции.

В ходе трансформации антенного блока из транспортного положения в рабочее, космонавты заменили транспортный кронштейн на фиксирующую платформу, позволяющую космонавтам во время ВКД удобно и надежно стыковать разъемы антенного блока с разъемами кабелей, монтируемых на внешней поверхности СМ.

Кроме того, космонавты установили на антенном блоке специальную проставку для его жесткой фиксации в замке мачты (рис. 1). Благодаря специально подобранным углам проставки и длине мачты обеспечивается расчетный угол направленности панелей антенного блока для обеспечения связи с тэгами и исключается затенение диаграммы направленности антенного блока элементами конструкции МКС.

Затем были демонтированы транспортный кронштейн приемных панелей, транспортировочный адаптер и ворсовые застежки с шарниров, предохранявшие антенный блок от несанкционированного раскрытия во время транспортировки на РС МКС.

Заключительная операция по подготовке антенного блока к ВКД – это проверка функционирования замков панелей антенн. Космонавты разблокировали шарниры приемной антенны и попробовали раскрыть панель (примерно на 10 градусов). Проверка показала отсутствие деформации замков при транспортировке. Специалисты по ВКД с помощью видеокамеры контролировали работу космонавтов в реальном времени, что позволило оперативно принять решение о готовности антенного блока к ВКД, не дожидаясь получения с борта результатов фотографирования.

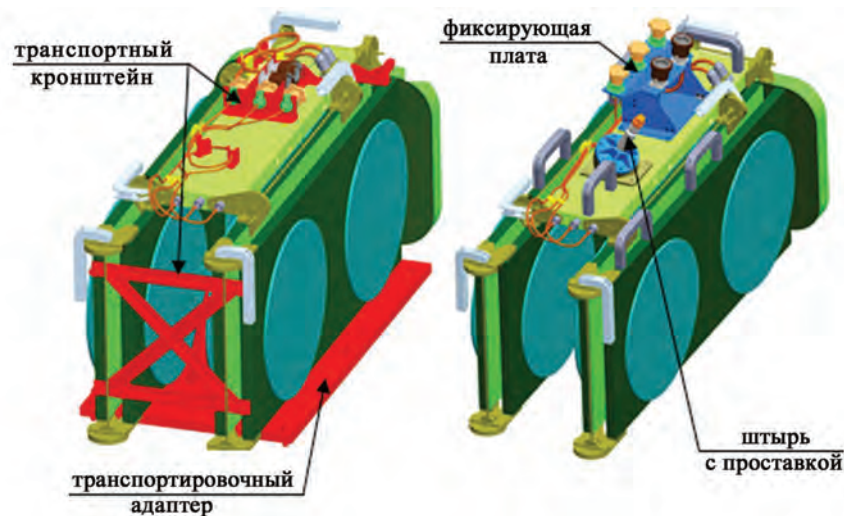


Рис. 1. Блок антенны в транспортном (слева) и рабочем (справа) положении

Следующим этапом подготовки аппаратуры космонавтами к ВКД стала подготовка устройства «Якорь-Икарус» (рис. 2). Это устройство фиксации ботинок скафандра высвобождает космонавта обе руки для работы и позволяет принять наклонную рабочую позу, благодаря чему увеличиваются размеры рабочей зоны.

Требования по нагрузкам от космонавта в скафандре «Орлан», которые должно выдерживать устройство «Якорь-Икарус», составляют:

- по моменту – 474,7 Н·м;
- по силе – 1219 Н.

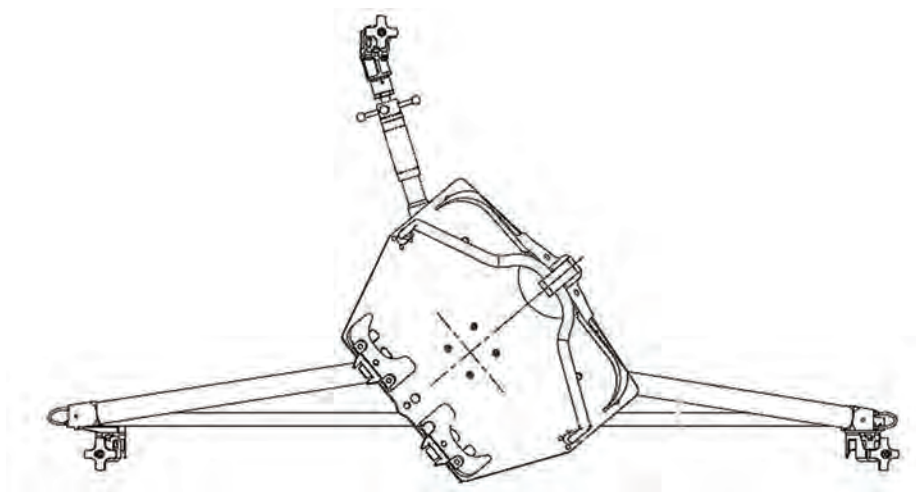


Рис. 2. Общий вид устройства «Якорь-Икарус»

Для проверки работоспособности устройства «Якорь-Икарус» в РКК «Энергия» были проведены его функциональные испытания. Устройство «Якорь-Икарус» устанавливалось в оснастку, имитируя рабочее положение, и подвергалось нагружению. Нагружение увеличивалось ступенчато на 20 % от заданного усилия с выдержкой 60 ± 10 с. После проведения динамических испытаний в РКК «Энергия» проводилась примерка устройства «Якорь-Икарус» на комплексном стенде служебного модуля.

Внекорабельная деятельность

Для удобства транспортировки оборудования «Икарус» из гермообъема станции к месту его монтажа специалисты по ВКД предложили космонавтам разделить оборудование «Икарус» на две укладки. Первая включала в себя устройство «Якорь-Икарус» и мачту, вторая – антенный блок. Первую укладку вынесли в самом начале ВКД и приступили к установке мачты на универсальное рабочее место дооснащения (УРМ-Д) на служебном модуле. На рис. 3 видно, что космонавты О.Г. Артемьев и С.В. Прокопьев находятся в районе УРМ-Д. После монтажа мачты они приступили к прокладке двух низкочастотных кабелей длиной 4,5 и 3,5 метра. По трассе прокладки кабелей космонавты фиксировали их специальными кабельными держателями и подключили одним концом к фиксирующей плате. Изнутри к этой плате (через переходники) были подключены внутренние кабели «Икарус». Таким образом, была обеспечена стыковка внешних кабелей с кабельной сетью внутри служебного модуля.

Устройство «Якорь-Икарус» космонавты с помощью замков установили на кольцевые поручни и на основание УРМ-Д.



Рис. 3. О.Г. Артемьев и С.В. Прокопьев во время установки аппаратуры «Икарус»

Следующим шагом установки оборудования «Икарус» стала транспортировка антенного блока. Для его монтажа О.Г. Артемьев, закрепившись ногами в устройстве «Якорь-Икарус», а С.В. Прокопьев, находясь с противоположной стороны от антенного блока, установили антенну штырем проставки в гнездо мачты. В этом же положении космонавты состыковали на фиксирующей плате антенного блока вторые концы низкочастотных кабелей, обеспечивающие электропитание и передачу телеметрии. Специалистами в ЦУПе-М контролировалось состояние телеметрических параметров. Получив подтверждение о стыковке кабелей питания и телеметрии, ЦУП выдал команды на подачу питания на нагреватели антенного блока. После контроля включения питания нагревателей, по указанию специалистов ЦУПа-М, экипаж приступил к укладке по внешней поверхности служебного модуля пятнадцатиметрового кабельного жгута, который зафиксировали в кабельных держателях и спиральных направляющих. Кабели, входящие в жгут, обеспечивают передачу целевой информации (информации с тэгов) от антенного блока в бортовой компьютер ОВС-1. Получив подтверждение от экипажа о завершении стыковки разъемов, специалисты ЦУПа-М выдали команды на включение питания ОВС-1, и только после его выхода в «рабочий режим» (примерно 10 минут) убедились, что стыковка кабельного жгута выполнена космонавтами надежно.

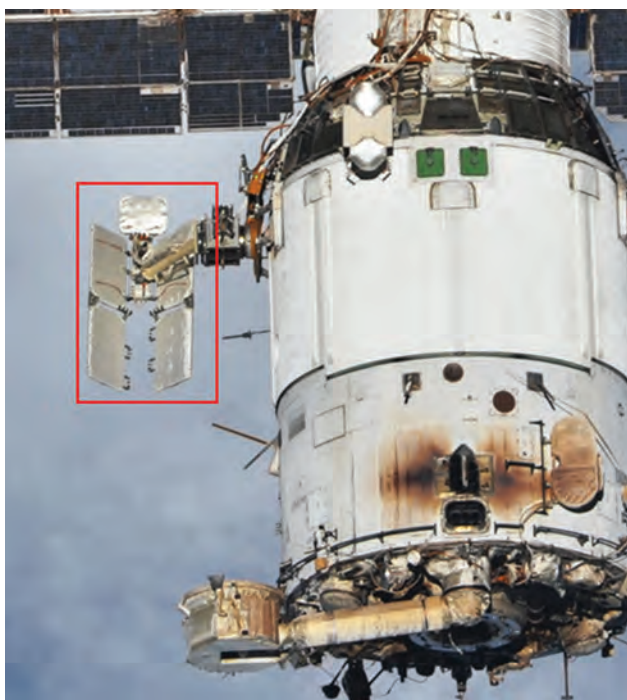


Рис. 4. Антенный блок «Икарус», установленный на внешней поверхности РС МКС

Во время заключительного этапа монтажа аппаратуры «Икарус» выполнялось раскрытие панелей антенного блока. Поочередно, в отработанной во время тренировок в бассейне Центра подготовки космонавтов (ЦПК) последовательности, космонавтами были разблокированы шарниры и раскрыты четыре панели приемника и панель передатчика. На рис. 4 изображен антенный блок, установленный на служебном модуле. Фото сделано О.Г. Артемьевым из корабля «Союз» во время возвращения его на Землю.

Тренировки экипажа

Успешный монтаж крупногабаритного оборудования «Икарус» на внешней поверхности МКС выполнен благодаря тщательной проработке конструкции, многочисленным наземным испытаниям, тренировкам космонавтов и скрупулезному планированию каждой операции.

Для отработки операций ВКД, обеспечивающих выполнение работ по монтажу научной аппаратуры «Икарус», космонавты тренировались в условиях моделированной невесомости в гидросреде, в гидротренажерном комплексе (бассейне) ЦПК (рис. 5). Работы проводились с участием специалистов РКК «Энергия» и ЦПК по ВКД. Космонавты отработали стыковку разъемов, установку и раскрытие антенного блока.

В ходе наземной отработки в РКК «Энергия» космонавтов ознакомили с конструкцией и механизмами научной аппаратуры (рис. 6). Здесь же проводилась встреча с учеными из Института географии РАН, которые рассказали о целях и задачах эксперимента.

Кроме того, с бортинженером О.Г. Артемьевым проводились специальные практические занятия по монтажу и работе с устройством «Якорь-Икарус». В ходе практического занятия космонавт приобрел необходимые знания и навыки, которые успешно применил во время выхода в открытый космос.

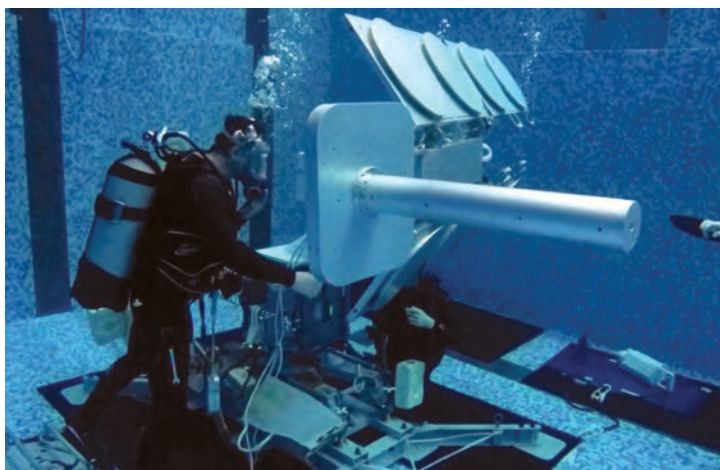


Рис. 5. Тренировка в гидротренажерном комплексе ЦПК



Рис. 6. Тренировка О.Г. Артемьева и С.В. Прокопьева в РКК «Энергия». Знакомство с конструкцией и механизмом замка мачты

Выводы

Разработанная и опробованная в России технология монтажа крупногабаритной аппаратуры на РС МКС позволила успешно установить сложную аппаратуру «Икарус» на внешней поверхности служебного модуля. Это позволяет начать эксперимент с аппаратурой «Икарус», который должен продемонстрировать техническую возможность получения пакетов данных от автономных, малогабаритных устройств, расположенных от МКС на расстоянии свыше 400 км. Первоначальная часть программы космического эксперимента посвящена испытаниям тэгов в различных условиях окружающей среды и на различных объектах, что позволит оценить технические возможности системы.

В ходе экспериментов с аппаратурой «Икарус» будет реализовано несколько крупных научных проектов. Использование глобальной системы контроля за перемещением объектов позволит решить важные научные проблемы. С помощью тэгов предполагается также контролировать подвижки ледников, оползней и других потенциально опасных явлений. Проведение космического эксперимента позволит продемонстрировать возможность использования МКС в качестве орбитальной научной лаборатории для отработки новых систем и технологий, что является одной из целей эксперимента «Ураган».

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Беляев М.Ю., Викельски М., Лампен М., Легостаев В.П., Мюллер У., Науманн В., Тертицкий Г.М., Юрина О.А. Технология изучения перемещения животных и птиц на Земле с помощью аппаратуры ICARUS на российском сегменте МКС // Космическая техника и технологии. – 2015. – № 3(10). – С. 38–51.

- [2] Johannes Weppler, Mikhail Belyaev, Olga Solomina, Martin Wikelski, Walter Naumann, Wolfgang Pitz ICARUS – Animal Observation from ISS // 68th International Astronautical Congress (IAC), Adelaide, Australia, 25–29 September 2017. pp. 1–11.

REFERENCES

- [1] Belyaev M.Yu., Wikelski M., Lampen M., Legostaev V.P., Muller U., Naumann W., Tertitsky G.M., Yurina O.A. Technology for Studying Migration of Animals and Birds on Earth Using ICARUS Equipment on the Russian Segment of the ISS // Space Engineering and Technology, 2015. No 3(10). pp. 38–51.
- [2] Johannes Weppler, Mikhail Belyaev, Olga Solomina, Martin Wikelski, Walter Naumann, Wolfgang Pitz ICARUS – Animal Migration Tracking from the ISS // The 68th International Astronautical Congress (IAC), Adelaide, Australia, September 25–29, 2017. pp 1–11.