

ИТОГИ ПОЛЕТОВ ЭКИПАЖЕЙ МКС

RESULTS OF THE ISS CREW MISSIONS

УДК 629.78.007

DOI 10.34131/MSF.21.3.5-28

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ПОДГОТОВКИ И ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЭКИПАЖА МКС-64 ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ПРОГРАММЫ КОСМИЧЕСКОГО ПОЛЕТА

С.Н. Рыжиков, С.В. Кудь-Сверчков, Г.Д. Орешкин, А.И. Кондрат,
А.А. Медведев, В.В. Несмеянов, П.А. Сабуров

Герой Российской Федерации, летчик-космонавт Российской Федерации космонавт-испытатель отряда космонавтов Роскосмоса С.Н. Рыжиков; космонавт-испытатель отряда космонавтов Роскосмоса С.В. Кудь-Сверчков; канд. техн. наук, доцент Г.Д. Орешкин; А.И. Кондрат; А.А. Медведев; В.В. Несмеянов; П.А. Сабуров (ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина»)

В статье приведены состав экипажа МКС-64, основные задачи, особенности и результаты его подготовки к полету. Представлены результаты деятельности экипажа на борту транспортного пилотируемого корабля (ТПК) «Союз МС-17» и Международной космической станции (МКС). Проведен предварительный анализ выполнения российской научной программы. Выделены работы по внекорабельной деятельности (ВКД) по программам российского и американского сегментов МКС.

Ключевые слова: подготовка экипажа, космический полет, транспортный пилотируемый корабль, Международная космическая станция, деятельность экипажа, научная программа, внекорабельная деятельность.

Main Results of Training and Activity of the ISS-64 Crew Members When Carrying out the Mission Plan. S.N. Ryzhikov, S.V. Kud-Sverchkov, G.D. Oreshkin, A.I. Kondrat, A.A. Medvedev, V.V. Nesmeyanov, P.A. Saburov

The report presents the members of the ISS-64 crew, the main tasks, features and results of their training for the flight. The results of the crew activity on board the Soyuz MS-17 transport manned vehicle and the International Space Station (ISS), analysis of the implementation of the Russian research program, description of EVA operations under the programs of the Russian and American segments of the ISS are presented as well.

Keywords: crew training, space flight, manned transport vehicle, International Space Station, crew activity, scientific program, extravehicular activities.

Состав экипажа

Члены экипажа МКС-64:

Рыжиков Сергей Николаевич	командир ТПК «Союз МС-17», командир экспедиции МКС-64 (Роскосмос, Россия);
Кудь-Сверчков Сергей Владимирович	бортинженер ТПК «Союз МС-17», бортинженер экспедиции МКС-64 (Роскосмос, Россия);
Рубинс Кэтлин Халлисей	бортинженер-2 ТПК «Союз МС-17», бортинженер экспедиции МКС-64 (НАСА, США)

выполнили космический полет длительностью 184 суток 23 часа 10 минут с 14 октября 2020 года по 17 апреля 2021 года. Позывной экипажа – «Фаворы».



Рыжиков
Сергей Николаевич

Кудь-Сверчков
Сергей Владимирович

Рубинс
Кэтлин Халлисей

Рыжиков Сергей Николаевич – космонавт-испытатель 3 класса Роскосмоса (Россия). В отряде космонавтов с 2006 года. 1-й космический полет продолжительностью 173 суток 3 часа 16 минут выполнил с 19 октября 2016 года по 10 апреля 2017 года в составе экипажа МКС-49/50 в качестве командира ТПК «Союз МС-02» и бортинженера МКС-49/50.

Кудь-Сверчков Сергей Владимирович – космонавт-испытатель Роскосмоса (Россия). В отряде космонавтов с 2010 года. Опыта космических полетов не имел.

Рубинс Кэтлин Халлисей – астронавт НАСА (США). В отряде астронавтов с 2009 года. 1-й космический полет продолжительностью 115 суток 2 часа 22 минуты выполнила с 7 июля по 30 октября 2016 года в составе

экипажа МКС-48/49 в качестве бортинженера-2 ТПК «Союз МС-01» и бортинженера МКС-48/49. В ходе полета совершила два выхода в открытый космос, общая продолжительность которых составила 12 часов 46 минут.

Основные задачи программы полета экипажа МКС-64

Программа полета экипажа МКС-64 предусматривала:

1. Полет на ТПК «Союз МС-17», который включал в себя:
 - выведение, маневры, сближение и стыковку к малому исследовательскому модулю МИМ1 российского сегмента (РС) МКС в автоматическом режиме;
 - плановую перестыковку в ручном режиме с МИМ1 на МИМ2 РС МКС;
 - расстыковку от МИМ2 РС МКС и возвращение на Землю спускаемого аппарата (СА).
2. Выполнение российской научной программы в соответствии с Программами реализации научно-прикладных исследований (целевых работ), планируемых в периоды шестьдесят третьей пилотируемой экспедиции МКС-63 и шестьдесят четвертой пилотируемой экспедиции МКС-64.
3. Материально-техническое обслуживание и дооснащение бортовых систем и оборудования РС МКС.
4. Ремонтно-восстановительные работы на РС МКС.
5. Стыковку и расстыковку российских транспортных пилотируемых и грузовых кораблей, американских пилотируемых и грузовых кораблей.
6. Работы с российскими транспортными грузовыми кораблями (ТГК) и американскими грузовыми кораблями.
7. Проведение ТВ-репортажей, фото- и видеосъемок.
8. Работы по программе символической деятельности.

Основные задачи

и результаты подготовки экипажа к космическому полету

Подготовка экипажа МКС-64 проводилась в составе основного экипажа с июля 2020 года поочередными тренировочными сессиями:

- в Центре подготовки космонавтов имени Ю.А. Гагарина – по РС МКС, ТПК и ТГК;
- на базах международных партнеров – по американскому сегменту (АС) МКС.

Программа подготовки экипажа в России была разработана на основе «Требований к технической подготовке экипажей», полученных из РКК «Энергия», и ряда дополнений к ним. При разработке программы подготовки были учтены задачи программы космического полета, текущий уровень подготовленности и распределение функциональных обязанностей между членами экипажа, а также объемы и результаты предыдущих этапов подготовки.

Большая часть времени была уделена подготовке по ТПК «Союз МС-17» и РС МКС.

Следует отметить, что подготовка экипажа МКС-64 осуществлялась на фоне пандемии «COVID-19». Это привело к ряду ограничений и сокращению контактов экипажа со специалистами по подготовке космонавтов и представителями заинтересованных организаций. В период подготовки экипажа активно проводились занятия дистанционно в режиме «видеоконференций».

Основными задачами подготовки являлись:

- формирование у членов экипажа знаний и умений, необходимых для выполнения ими функциональных обязанностей в составе экипажа ТПК «Союз МС-17»;
- отработка навыков, умений и взаимодействия членов экипажа при управлении бортовыми системами и оборудованием ТПК на всех этапах полета в штатных и нештатных ситуациях (НшС);
- отработка навыков, умений и взаимодействия членов экипажа при выполнении сближения, причаливания, стыковки и перестыковки ТПК «Союз МС-17» на все стыковочные узлы РС МКС;
- отработка навыков выполнения ручного управляемого спуска ТПК «Союз МС-17»;
- отработка навыков построения орбитальной ориентации в ручном режиме в аналоговом контуре спуска ТПК «Союз МС-17»;
- отработка навыков построения орбитальной ориентации в ручном режиме в дискретном контуре ТПК «Союз МС-17»;
- отработка навыков построения солнечной ориентации и закрутки ТПК в режимах ручной ориентации в аналоговом и дискретном контурах;
- отработка действий по выполнению срочного спуска с орбиты в случае покидания МКС;
- отработка навыков, умений и взаимодействия членов экипажа при выполнении расстыковки ТПК с неориентированной и нестабилизированной МКС;
- отработка навыков и умений выполнения причаливания, стыковки и расстыковки ТПК «Прогресс МС» на стыковочные узлы РС МКС в телеоператорном режиме управления (ТОРУ);
- отработка навыков контроля автоматического сближения и стыковки ТПК «Прогресс МС» с МКС;
- отработка навыков передачи смены российского сегмента МКС и совместной работы в полете с экипажами МКС-63 и МКС-65;
- отработка навыков и умений выполнения операций по консервации и расконсервации ТПК, операций по обеспечению готовности ТПК к спуску в случае срочного покидания МКС;
- отработка навыков и умений эксплуатации бортовых систем РС МКС (функционально-грузового блока (ФГБ), служебного модуля (СМ), стыковочного отсека СО1, малых исследовательских модулей МИМ1 и МИМ2);

– формирование и совершенствование знаний, формирование и отработка навыков и умений выполнения российской научной программы на РС МКС;

– отработка навыков и умений технического обслуживания, дооснащения и ремонта бортовых систем РС МКС;

– отработка взаимодействия членов экипажа, навыков и умений парирования аварийных ситуаций на МКС (пожар, разгерметизация, выброс токсичных веществ);

– ознакомление с выполнением разгрузочно-погрузочных работ на грузовых кораблях, укладкой снаряжения и личных вещей, возвращаемых грузов на пилотируемых кораблях;

– отработка навыков, умений и взаимодействия членов экипажа при выполнении задач ВКД в объеме типовых операций и по программам ВКД-47 и ВКД-48;

– отработка навыков, умений и взаимодействия членов экипажа в случае нештатной посадки в различных климатогеографических зонах;

– повышение устойчивости организма к факторам космического полета;

– отработка навыков оказания само- и взаимопомощи и эксплуатации бортовых медицинских средств.

Программа подготовки экипажа МКС-64 выполнена в полном объеме.

На заключительном этапе подготовки с экипажем МКС-64 были проведены:

– экзаменационные тренировки на специализированных тренажерах по оценке готовности экипажа к выполнению ручных динамических режимов управления ТПК и ТГК;

– экзаменационные комплексные тренировки (ЭКТ) на тренажерах ТПК и РС МКС по оценке готовности экипажа к выполнению программы полета в целом.

Результаты экзаменационных тренировок экипажа МКС-64 представлены в табл. 1.

Таблица 1

Экзаменационные тренировки	Рыжиков Сергей Николаевич	Кудь-Сверчков Сергей Владимирович	Рубинс Кэтлин Халлисей
ЭКТ по ТПК «Союз МС-17»	5,0		
ЭКТ по РС МКС	5,0		
По ручному сближению ТПК «Союз МС-17»	5,0		–
По ручному причаливанию и перестыковке ТПК «Союз МС-17»	4,9	5,0	–
По ТОРУ ТГК «Прогресс МС»	5,0	5,0	–
По РУС ТПК «Союз МС-17»	4,92	4,96	–

По результатам подготовки экипажа МКС-64 специалистами Центра подготовки космонавтов имени Ю.А. Гагарина были разработаны замечания и предложения по совершенствованию процесса подготовки космонавтов.

Решением Главной медицинской комиссии (ГМК) от 8 сентября 2020 года российские члены экипажа МКС-64 были признаны годными к космическому полету. Результаты медицинских обследований, проведенных для астронавта основного экипажа МКС-64, и заключение о состоянии ее здоровья были доложены врачом НАСА на заседании ГМК. Уровень физической подготовленности всех членов экипажа находился на высоком уровне.

По итогам подготовки экипажа 24 сентября 2020 года в Центре подготовки космонавтов имени Ю.А. Гагарина состоялось заседание Межведомственной комиссии, которая, рассмотрев результаты зачетов и экзаменов и выводы ГМК, пришла к заключению:

1. Экипаж к выполнению космического полета по программе МКС-64 основной экспедиции на ТПК «Союз МС-17» и российском сегменте МКС подготовлен.

2. Экипаж может приступить к этапу предстартовой подготовки на космодроме Байконур.

Предстартовая подготовка экипажа МКС-64 на космодроме Байконур проводилась в период с 27 сентября по 14 октября 2020 года. Программа подготовки выполнена в полном объеме.

Выведение и стыковка ТПК «Союз МС-17»

Старт ТПК «Союз МС-17» (рис. 1) с экипажем в составе Сергея Рыжикова, Сергея Кудь-Сверчкова и Кэтлин Рубинс состоялся 14 октября 2020 года в 08:45:04 ДМВ с космодрома Байконур.



Рис. 1. Старт ТПК «Союз МС-17»

Выведение, отделение корабля от ракеты-носителя прошло штатно.

Сближение ТПК «Союз МС-17» с МКС осуществлялось впервые в истории пилотируемых полетов по двухвитковой схеме.

В сеансе связи 2-го витка на борту корабля сформировались аварии: «Нет СДК в канале -Му (К1, Б)» (10:26:43 ДМВ) и «Обобщенная авария К1, Б» (10:26:44 ДМВ). Был выполнен автоматический переход на второй коллектор комбинированной двигательной установки (КДУ). В начале 3-го витка в 11:48:55 ДМВ (через 3 часа и 3,5 минуты от контакта подъема) ТПК «Союз МС-17» причалил к стыковочному узлу МИМ1 РС МКС в автоматическом режиме.

После стыковки экипаж выполнил контроль герметичности отсеков корабля и стыка, ускоренное выравнивание давления между отсеками ТПК и МКС и открыл переходные люки.

Выполнив консервацию транспортного корабля, экипаж завершил первый этап программы полета ТПК «Союз МС-17».

Полет на борту МКС

В период работы экипажа МКС-64 на РС МКС были проведены запланированные работы по техническому обслуживанию бортовых систем, ремонтно-восстановительные работы и дооснащение.

Наиболее трудоемкими операциями являлись:

1. По техническому обслуживанию бортовых систем РС МКС:
 - дозаправка системы кондиционирования воздуха СКВ2 системы обеспечения теплового режима СМ хладоном-218;
 - диагностика приборов БФ-1М (блок фильтров) и БСШ-1М (блок сборных шин) системы электропитания СМ;
 - замена БФ в составе газоанализатора МК0501;
 - замена фильтрующих элементов ФЭ1,2 средств очистки атмосферы «Воздух»;
 - диагностика приборов БСШ-2 и БФ-2 системы электроснабжения (СЭС) ФГБ;
 - обработка препаратом «Фунгистат» элементов оборудования и конструкции СМ;
 - замена блока согласования сигналов и команд системы «Электрон-ВМ».
2. По ремонтно-восстановительным работам:
 - замена блока 800А модуля аккумуляторных батарей № 4 СЭС ФГБ;
 - замена панели управления, пульта управления и кабеля пульта управления бегущей дорожки (БД-2);
 - замена блока колонок очистки (БКО), вставки-уловителя, фильтра-реактора (ФР) в системе регенерации воды СРВ-К2М;
 - замена блока подачи конденсата (БПК) и пульта управления БПК;

– замена насосов сменной панели насосов 4СПН2 контура обогрева КОБ2;

– замена моноблока, блока данных, блока приема информации по низкой частоте бортовой информационно-телеметрической системе БИТС2-12;

– замена блока формирования команд (БФК) транзисторных магистралей дозаправки топлива (ТМДТ) МИМ2.

3. По дооснащению РС МКС:

– тестовые сеансы связи в широкополосной системе связи (ШСС);

– тестовая сепарация воды в емкости для воды с использованием насоса-сепаратора для конденсата и воды (НС-КВ);

– запуск имитатора европейского манипулятора ERA и контроль работы утилиты;

– фотографирование зоны размещения разъемов на блоке коммутации КЛ-160М в СМ (в рамках планируемой интеграции многофункционального лабораторного модуля с МКС).

Следует отметить, что в рамках ремонтно-восстановительных работ экипажем МКС-64 был выполнен большой объем работ, связанный с поиском и ликвидацией причин негерметичности переходной камеры (ПрК) СМ.

1 марта 2021 года экипаж выполнил подготовку к работе по герметизации трещины на 4-й плоскости ПрК СМ. Было проведено изучение бортовой документации и радиограмм, подготовлено оборудование и инструменты.

После наметки на поверхности тренировочной пластины контура трещины и разметки концов трещины был выполнен осмотр лупой и фотографирование микроскопом, далее подготовлены лунки для сверления путем установки и вращения острого ножа в центре метки края трещины и проведен осмотр лунок на соответствие положения в центре метки.

Тренировочное сверление отверстий проводилось на уголке из алюминиевого сплава толщиной ~3 мм. Было проведено 3 тренировочных сверления сверлом Ø 3 мм. В процессе сверления была выбрана оптимальная «средняя» скорость сверления.

В качестве ограничителя глубины сверления использовалась намотанная на расстоянии 4 мм от рабочего конца сверла изоляционная лента. Первое сверление показало необходимость увеличения толщины ограничителя.

Сверление проводил Сергей Рыжиков, а Сергей Кудь-Сверчков помогал ему, используя пылесос и светильник (рис. 2).

4 марта 2021 года выполнена локализация трещины по 4-й плоскости ПрК СМ – сверление отверстий и нанесение клея «Мастикс» с проведением ТВ-репортажа, с последующей герметизацией трещины путем нанесения в несколько слоев герметика «Герметалл-1» и установки накладки.

С 8 по 10 марта 2021 года проводились работы по герметизации трещины на 2-й плоскости в зоне трубопровода системы терморегулирования (СТР) ПрК СМ.



Рис. 2. Локализация трещины ПрК СМ РС МКС

С 23 марта 2021 года начались работы по поиску негерметичности ПрК в зоне трубопровода СТР по 3-й плоскости, и 26 марта 2021 года выявлены две подозрительные зоны. После нанесения герметика на подозрительные зоны темп падения давления не изменился.

Работы по поиску и устранению негерметичности ПрК продолжил экипаж МКС-65.

По-прежнему много времени уходит на служебные операции на РС МКС. Только на техническое обслуживание, включая ремонтно-восстановительные работы, в том числе, связанные с поиском и ликвидацией причин негерметичности ПрК СМ было затрачено 635 часов 10 минут, что составляет 31 % от общего фактического рабочего времени.

Распределение индивидуальных затрат рабочего времени космонавтов Рыжикова С.Н. и Кудь-Сверчкова С.В. на техническое обслуживание и эксплуатацию бортовых систем РС МКС представлено в табл. 2.

Таблица 2

Наименование работ	С.Н. Рыжиков	С.В. Кудь-Сверчков
Техническое обслуживание и ремонт	363 ч 35 мин	271 ч 35 мин
Эксплуатация бортовых систем (ЭБС)	147 ч 15 мин	90 ч 00 мин
Task List по ЭБС	40 ч 55 мин	55 ч 55 мин

В процессе космического полета выполнены следующие динамические операции:

- расстыковка ТПК «Союз МС-16» от стыковочного узла МИМ2 РС МКС (22 октября 2020 года);
- стыковка американского пилотируемого корабля SpaceX Crew-1 «Dragon» с МКС в автоматическом режиме к стыковочному узлу Fwd/PMA-2 модуля Node2 (17 ноября 2020 года);
- стыковка американского грузового корабля SpaceX-21 «Dragon» с МКС в автоматическом режиме к стыковочному узлу «Zenit» модуля Node2 (7 декабря 2020 года);
- расстыковка американского грузового корабля «Cygnus NG-14» от надирного порта модуля Node1 с помощью манипулятора SSRMS (6 января 2021 года);
- расстыковка американского грузового корабля SpaceX-21 «Dragon» от стыковочного узла «Zenit» модуля Node2 (12 января 2021 года);
- расстыковка ТГК «Прогресс МС-15» от стыковочного узла СО1 РС МКС (9 февраля 2021 года);
- стыковка ТГК «Прогресс МС-16» к стыковочному узлу СО1 РС МКС (рис. 3) выполнена 17 февраля 2021 года в телеоператорном режиме управления (ТОРУ) из-за сбоя в работе системы сближения «Курс» на дальности ~30 м;
- сближение американского грузового корабля «Cygnus NG-15» с МКС, захват корабля манипулятором станции SSRMS, перемещение и установка корабля к надирному порту модуля Node1 (22 февраля 2021 года);
- перестыковка ТПК «Союз МС-17» в ручном режиме от стыковочного узла МИМ1 на МИМ2 РС МКС (19 марта 2021 года);
- перестыковка американского пилотируемого корабля SpaceX Crew-1 «Dragon» со стыковочного узла Fwd/PMA-2 модуля Node2 к стыковочному узлу «Zenit» модуля Node2 в автоматическом режиме (5 апреля 2021 года);



Рис. 3. Космонавт Сергей Рыжиков выполняет стыковку ТГК «Прогресс МС-16» с МКС в режиме ТОРУ

– стыковка ТПК «Союз МС-18» в автоматическом режиме к стыковочному узлу МИМ1 РС МКС (9 апреля 2021 года). Сближение и стыковка с МКС проведены по двухвитковой схеме.

Значительное время было затрачено на работы по разгрузке и укладке удаляемого оборудования в грузовые корабли, а также дополнительные работы по программе АС МКС.

В связи с произошедшими авариями «Нет СДК в канале -Му (К1)» и «Обобщенная авария К1, Б» во время сближения ТПК «Союз МС-17» со станцией, на этапе полета корабля в связке с МКС дважды проводился внеплановый «Тест СУДН № 2». В процессе тестов в ручной ориентации в дискретном контуре, проводимых на первом коллекторе двигателей причаливания и ориентации (ДПО), экипаж докладывал о незагорании транспаранта «Работа ДПО» при вращении ручки управления ориентацией по часовой стрелке. Однако, по косвенным признакам, двигатель работал штатно. На перестыковке и спуске было принято решение использовать второй коллектор ДПО, а также для исключения повторного срабатывания сигнализатора давления в камере сгорания двигателя в ЦВМ было заложено управляющее воздействие «Запрет контроля СДК по -Му на первом коллекторе».

В процессе полета проводились медицинские мероприятия по поддержанию здоровья и работоспособности экипажа.

Много времени экипажем было уделено на мероприятия по связям с общественностью и программе символической деятельности: видеосъемки по заявкам Государственной корпорации по космической деятельности (ГК) «Роскосмос»; ведение персональных блогов и подготовка письменных, видео- и фоторепортажей; проведение ТВ-приветствий и поздравлений; подготовка ответов на вопросы российских и зарубежных граждан для официального сайта ГК «Роскосмос» и социальных сетей; ТВ-сеансы с участниками «Космического урока» и проекта «Космический урок 2.0. Перезагрузка»; географический диктант. Ответы на вопросы и др.

Выполнялись фото- и видеосъемки жизнедеятельности экипажей МКС-64 и МКС-65 на борту РС МКС для сайта ГК «Роскосмос».

С целью поддержания и восстановления в условиях длительного космического полета профессиональных знаний, навыков и умений, необходимых для успешного выполнения программы полета, с экипажем МКС-64 была проведена бортовая подготовка (табл. 3).

Таблица 3 (начало)

№ п/п	Дата проведения	Бортовая подготовка
1	19.10.2020	Тренировка экипажа по ознакомлению с оборудованием, используемым в аварийных ситуациях на МКС
2	02.11.2020	Изучение Б/Д, предварительной циклограммы ВКД, просмотр видеофильма по ВКД-47
3	03.11.2020	Поиск оборудования и инструментов для ВКД. Переговоры со специалистами

Таблица 3 (окончание)

№ п/п	Дата проведения	Бортовая подготовка
4	04.11.2020	Подготовка выносимого оборудования и инструментов для ВКД. Сборка укладок. Переговоры со специалистами
5	05.11.2020	Изучение ПО DOUG. Изучение трассы перехода и рабочих зон ВКД с использованием ПО DOUG. Изучение трассы перехода и рабочих зон ВКД через иллюминаторы МКС
6	09.11.2020	Изучение процедуры шлюзования из МИМ2 и переговоры со специалистами
7	11.11.2020	Тренировка по переносу наддутых скафандров «Орлан-МКС» № 4 и 5 из МИМ2 в ПхО СМ для КЭ МКС и БИ-5
8	13.11.2020	Тренировка экипажа по перемещению в скафандрах «Орлан-МКС» № 4 и перед ВКД-47 с проведением ТВ-репортажа для КЭ МКС и БИ-5
9	17.11.2020	Изучение уточненной циклограммы ВКД и переговоры со специалистами
10	19.11.2020	Обсуждение результатов выполнения программы ВКД-47 и переговоры со специалистами
11	23.11.2020	Тренировка КЭ, БИ-5 и БИ-6 по действиям в аварийных ситуациях после стыковки пилотируемого корабля SpaceX Crew-1 «Dragon»
12	27.11.2020	Тренировка по ознакомлению с оборудованием, используемым в аварийной ситуации на МКС для КЭ, БИ-6, БИ-10, БИ-11, БИ-12, БИ-13
13	02.12.2020	Интегрированная тренировка экипажа МКС-64 по действиям в аварийных ситуациях (сценарии: пожар в РО СМ, выброс аммиака в модуле Node2 АС МКС)
14	08.12.2020	Тренировка по особенностям действий в аварийных ситуациях после стыковки корабля SpaceX-21 «Dragon»
15	19.01.2021	Тренировка по спуску на ТПК «Союз МС-17» в случае аварии на МКС
16	09.02.2021	Тренировка КЭ и БИ-5 по ТОРУ перед стыковкой ТГК «Прогресс МС-16» с МКС
17	16.02.2021	Консультация по контролю автоматического сближения и ТОРУ ТГК «Прогресс МС-16»
18	23.02.2021	Тренировка экипажа МКС-64 по действиям в аварийных ситуациях после стыковки грузового корабля «Cygnus NG-15»
19	15.03.2021	Интегрированная тренировка по действиям в аварийных ситуациях
20	16.03.2021	Тренировка экипажа по перестыковке ТПК «Союз МС-17» на бортовом тренажере и консультации со специалистами
21	07.04.2021	Тренировка экипажа ТПК «Союз МС-17» по спуску, консультация по составу и размещению возвращаемых грузов
22	13.04.2021	Тренировка экипажа ТПК «Союз МС-17» по спуску
23	14.04.2021	Тренировка на борту по ознакомлению с оборудованием, используемым в аварийной ситуации на МКС для КЭ, БИ-3, БИ-4, БИ-5 и БИ-6 экипажа МКС-64

В процессе полета большое внимание уделялось вопросам безопасности. Медицинские и санитарно-гигиенические средства, система обеспечения питанием, лечебно-профилактические мероприятия в целом обеспечили нормальную жизнедеятельность и работоспособность космонавтов на протяжении всего полета. Медицинское обеспечение осуществлялось в соответствии с требованиями по медицинским операциям МКС.

Научная программа

Научная программа в период полета космонавтов С.Н. Рыжикова и С.В. Кудь-Сверцова в составе экипажа МКС-64 выполнялась в соответствии с Программами реализации научно-прикладных исследований (целевых работ), планируемых в периоды шестьдесят третьей пилотируемой экспедиции МКС-63 и шестьдесят четвертой пилотируемой экспедиции МКС-64.

Перечень космических экспериментов (КЭ), распределенных по разделам и направлениям исследований в Долгосрочной программе целевых работ, планируемых на МКС до 2024 года (ДПЦР), выполненных в период работы экипажа МКС-64, приведен в табл. 4.

Таблица 4

Раздел ДПЦР	Направление исследования	Наименование КЭ	Кол-во КЭ
Научные фундаментальные исследования	Космическая биология и физиология	«Биориск»; «Феникс»; «Асептик»; «Каскад»; «Фотобиореактор»; «Микровир»; «МСК-2»; «Матрешка-Р»; «Пилот-Т»; «Кардиовектор»; «Профилактика-2»; «Альгометрия»; «Нейроиммунитет»; «Коррекция»; «Рефлекс»; «ОМИКи-СПК»	16
	Космическое материаловедение	«Плазменный кристалл»; «Перитектика» (ЕМЛ); «Фламенко» (АСМЕ)	3
	Исследование Земли из космоса	«Терминатор»	1
	Физика космических лучей	«БТН-Нейтрон»; «УФ-атмосфера»	2
Технологии освоения космического пространства		«Биодеградация»; «Тест»; «Взаимодействие-2»; «Вектор-Т»; «Сценарий»; «Изгиб»; «Пробой»; «Идентификация»; «ЛОР»; «Среда МКС»; «Визир»; «Сепарация»; «Таймер»; «ИМПАКТ»; «Ураган»; «Экон-М»; «Дубрава»	17
Практические задачи и образовательные мероприятия		«Великое начало»; «О Гагарине из космоса»; «EarthКАМ»; «Интер-МАИ-75»	4
Всего:			43

Всего космонавты Рыжиков С.Н. и Кудь-Сверчков С.В. принимали участие в 39 КЭ, из них:

- один КЭ «Плазменный кристалл» – совместно с ЕКА;
- один КЭ «Перитектика» – совместно с ЕКА и НАСА;
- два КЭ – «Фламенко» и «EarthКАМ» – совместно с НАСА.

Четыре КЭ – «Биориск», «БТН-Нейтрон», «Вектор-Т», «Изгиб» – выполнялись в автоматическом режиме без участия экипажа.

На рис. 4 и 5 представлены фотоснимки космонавтов С.Н. Рыжикова и С.В. Кудь-Сверчкова в процессе выполнения КЭ «Пилот-Т» и «Фотобиореактор».



Рис. 4. Космонавт Сергей Рыжиков проводит КЭ «Пилот-Т»

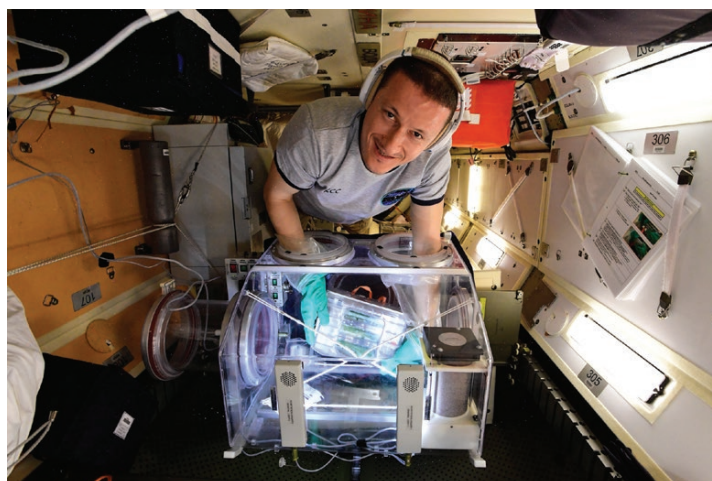


Рис. 5. Космонавт Сергей Кудь-Сверчков выполняет КЭ «Фотобиореактор» с использованием целевого оборудования «Главбокс-С»

По прибытии на станцию космонавты С.Н. Рыжиков и С.В. Кудь-Сверчков уже на второй день в составе экспедиции МКС-63 активно включились в работу по выполнению научной программы. Так в период экспедиции МКС-63 были проведены несколько сеансов КЭ «Экон-М», «Микровир», «Кардиовектор», «Пилот-Т», «ЛОР» и один сеанс нового эксперимента «Рефлекс» (влияние космического полета на поведенческие реакции плодовых мушек *Drosophila melanogaster*) по направлению «Космическая биология и физиология», постановщиком которого является ГНЦ РФ–ИМБП РАН.

На выполнение российской научной программы космонавты затратили около 480 часов (из них около 105 часов – по Task List), что составляет 23,4 % от общего фактического рабочего времени космонавтов (около 2048 часов).

Распределение индивидуальных затрат рабочего времени космонавтов С.Н. Рыжикова и С.В. Кудь-Сверчкова на научную программу представлено в табл. 5.

Таблица 5

Наименование работ	С.Н. Рыжиков	С.В. Кудь-Сверчков
Российская научная программа (РНП)	130 ч 30 мин	244 ч 15 мин
Task List по РНП	48 ч 50 мин	55 ч 45 мин
Научная программа АС	0 ч 25 мин	–

Самыми трудоемкими экспериментами в период работы экспедиции МКС-64 были: «Экон-М» – 85 часов; «Профилактика-2» – 80 часов; «УФ-атмосфера» – 30 часов 45 минут; «Сепарация» – 28 часов 15 минут; «Пилот-Т» – 21 час 25 минут.

В табл. 6 приведены индивидуальные данные по реализации научной программы на этапе экспедиций МКС-63 и МКС-64.

Таблица 6

Реализация научной программы	С.Н. Рыжиков	С.В. Кудь-Сверчков
Количество выполненных КЭ	29	34
Планируемое количество сеансов КЭ по РНП	189	198
Фактически выполненное количество сеансов КЭ по РНП	255	286

На рис. 6 представлено фактическое рабочее время на выполнение российской научной программы экипажами МКС за последние десять экспедиций [1–3]. Следует отметить, что объем работ на выполнение российской научной программы в период экспедиций МКС-53/54–МКС-60/61/62 (в каждом экипаже один российский космонавт) в среднем составил 30,4 % от общего фактического рабочего времени. В период работы экспедиций МКС-63 и МКС-64 объем работ на выполнение российской научной программы в среднем уменьшился до 26 %, несмотря на то, что в составе экипажей работало по два российских космонавта.

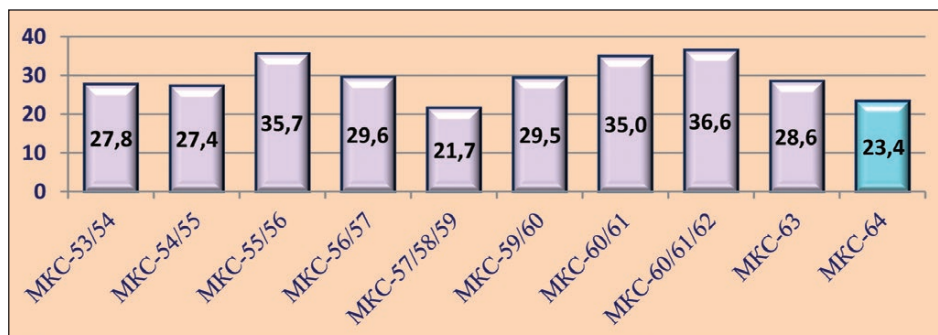


Рис. 6. Фактическое рабочее время экипажей МКС на выполнение российской научной программы (в процентах от общего фактического рабочего времени)

Такое уменьшение вызвано работами по программе космического полета, включая эксплуатацию бортовых систем, разгрузочно-погрузочные работы, техническое обслуживание и дооснащение, ремонтно-восстановительные работы (в том числе связанные с поиском и ликвидацией причин негерметичности ПрК СМ), выход по программе ВКД-47, медицинские операции, мероприятия по связи с общественностью, бортовые тренировки, обеспечение ВКД по программе АС и др.

Большой объем работ по реализации российской научной программы выполняется в личное время (по Task List). На рис. 7 приведены временные затраты экипажей за последние десять экспедиций МКС. При этом следует отметить, что в составе экипажей МКС-53/54–МКС-60/61/62 было по одному российскому космонавту, в экипажах МКС-63 и МКС-64 – по два.

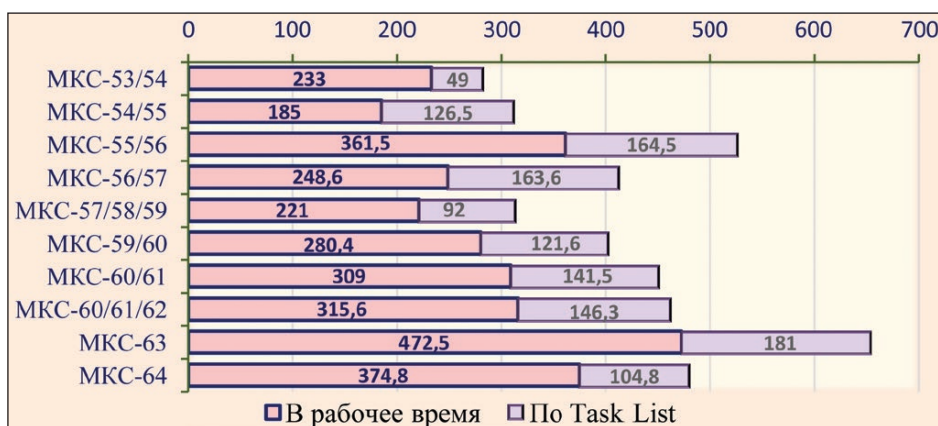


Рис. 7. Распределение трудозатрат экипажей в рабочее время и по Task List на выполнение российской научной программы за последние десять экспедиций МКС

Внекорабельная деятельность

18–19 ноября 2020 года космонавты С.Н. Рыжиков и С.В. Кудь-Сверчков в скафандрах «Орлан МКС» совершили выход в открытый космос по программе ВКД-47 (рис. 8). Опыта выхода в открытый космос экипаж не имел.

Выход впервые осуществлен из шлюзового отсека модуля «Поиск» (МИМ2), выходной люк которого был закрыт в течение 11 лет после стыковки с МКС в ноябре 2009 года. Ранее выходы в открытый космос выполнялись из шлюзового отсека модуля «Пирс» (СО1).

Целевыми задачами выхода являлись:

- проверка герметичности выходного люка МИМ2 сразу после прямого шлюзования;
- замена сменной панели регулятора расхода жидкости на ФГБ;
- демонтаж сборки с соединителем типа СНП407 (соединитель ножевой прямоугольный) с внешней поверхности МКС;
- отключение антенно-фидерного устройства (АФУ) «Транзит-Б» СО1 от СМ, подключение АФУ «Транзит-Б» МИМ2 к СМ;
- демонтаж планшета № 1 и установка на его место планшета № 2 на АО СМ в рамках КЭ «ИМПАКТ»;
- фотографирование полостей газодинамических защитных устройств блоков двигателей ориентации по тангажу и крену (ДО+Г и ДО+К);
- изменение ориентации прибора блока контроля давления и осадений на МИМ2.

Продолжительность выхода составила 6 часов 51 минуту.

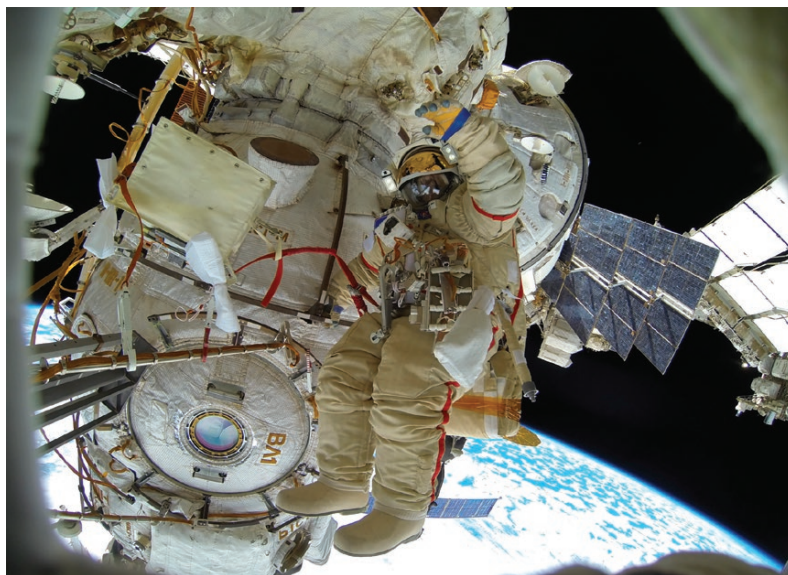


Рис. 8. Сергей Рыжиков.
Выполнение работ по программе ВКД-47 в открытом космосе

По программе АС МКС в период работы экспедиции МКС-64 было выполнено пять выходов в открытый космос:

1-й – 27 января 2021 года по программе ВКД-69 (бортинженеры МКС-64 Майкл Хопкинс и Виктор Гловер). Основная задача выхода состояла в монтаже антенны, кабелей питания и передачи данных на научной платформе «Бартоломео» модуля «Колумбус»; установке терминала широкополосной спутниковой связи на модуле «Колумбус»; демонтаже конструкций для подготовки к модернизации системы энергоснабжения МКС. Продолжительность выхода составила 6 часов 55 минут.

2-й – 1 февраля 2021 года по программе ВКД-70 (бортинженеры МКС-64 Майкл Хопкинс и Виктор Гловер). Основная задача выхода заключалась в завершении установки новых литий-ионных батарей; монтаже новых кабелей локальной сети Ethernet; замене наружной камеры высокого разрешения на ферме правого борта МКС; установке новых камер на модуле «Дестини» и манипуляторе модуля «Кибо». Продолжительность выхода составила 5 часов 18 минут.

3-й – 28 февраля 2021 года по программе ВКД-71 (бортинженеры МКС-64 Кэтлин Рубинс и Виктор Гловер). Основная задача выхода состояла в монтаже опорного оборудования для установки новых панелей солнечных батарей. Продолжительность выхода составила 7 часов 06 минут.

4-й – 5 марта 2021 года по программе ВКД-72 (бортинженеры МКС-64 Кэтлин Рубинс и Соичи Ногучи). Основная задача выхода заключалась в монтаже комплектов для модификации панелей солнечных батарей. Продолжительность выхода составила 6 часов 54 минуты.

5-й – 13 марта 2021 года по программе ВКД-73 (бортинженеры МКС-64 Майкл Хопкинс и Виктор Гловер). Основными задачами выхода были: техническое обслуживание системы охлаждения и платформы полезной нагрузки «Bartolomeo» модуля «Columbus»; замена узла беспроводной антенны на модуле «Unity» и установка конструкции для обеспечения целостности воздушного шлюза. Продолжительность выхода составила 6 часов 45 минут.

ВКД по программе АС МКС выполнялись из шлюзового отсека Airlock в скафандрах ЕМУ.

Совместный полет с другими экипажами МКС

Экипаж экспедиции МКС-64 осуществлял совместный полет с экипажами экспедиций МКС-63, Crew-1 и МКС-65.

14 октября 2020 года к экипажу экспедиции МКС-63 (Иванишин Анатолий Алексеевич, Вагнер Иван Викторович и Кэссиди Кристофер Джон) присоединился экипаж экспедиции МКС-64 (Рыжиков Сергей Николаевич, Кудь-Сверчков Сергей Владимирович и Рубинс Кэтлин Халлисей). Состав экипажа МКС-63 представлен на рис. 9. Они осуществляли совместную работу до 21 октября 2020 года.



Рис. 9. Экипаж 63-й экспедиции МКС (14–21.10.2020 г.)



Рис. 10. Экипаж 64-й экспедиции МКС (22.10–16.11.2020 г.)

После расстыковки ТПК «Союз МС-16» на МКС осталась работать экспедиция МКС-64 в составе: командира МКС Сергея Рыжикова и бортинженеров МКС Сергея Кудь-Сверчкова и Кэтлин Рубинс (рис. 10).

После автоматической стыковки с МКС SpaceX Crew-1 «Dragon» экипаж станции вырос до семи человек. На борт МКС прибыли астронавты НАСА (Майкл Хопкинс, Виктор Гловер, Шеннон Уокер) и астронавт ДжАКСА (Соичи Ногучи).



Рис. 11. Экипаж 64-й экспедиции МКС (09–16.04.2021 г.)

9 апреля 2021 года, после стыковки с МКС ТПК «Союз МС-18», состав 64-й экспедиции увеличился до 10 человек (рис. 11). На смену Сергею Рыжикову, Сергею Кудь-Сверчкову и Кэтлин Рубинс прибыл экипаж 65-й экспедиции МКС в составе Олега Новицкого, Петра Дуброва и Марка Ванде Хая.

Расстыковка и спуск ТПК «Союз МС-17»

Завершив программу полета на борту МКС, началась подготовка экипажа к возвращению на Землю.

13 апреля 2020 года в рамках подготовки к спуску с орбиты командиром корабля и бортинженером проводился штатный «Тест СУДН № 2». Тест прошел без замечаний.

На 11-м суточном витке экипаж выполнил расконсервацию ТПК «Союз МС-17».

17 апреля 2021 года в 00:40:00 ДМВ по указанию Земли экипаж осуществил переход на автономное питание и в 01:20:00 ДМВ на 12-м суточном витке закрыл переходные люки. На этом же витке экипажем была проведена проверка герметичности переходных люков.

На 13-м суточном витке после перехода экипажа в СА и закрытия люка СА-БО¹ экипаж выполнил проверку герметичности скафандров и люка СА-БО.

Расстыковка от МИМ2 РС МКС выполнена 17 апреля 2021 года на 14-м суточном витке в автоматическом режиме с двумя импульсами увода в дежурной ориентации МКС с использованием нового режима № 47 – сквозной

¹ БО – бытовой отсек.

режим расстыковки с двумя импульсами увода без исполнения команды ОДР (отбой динамических режимов) после расстыковки. Для этого установки на расстыковку и спуск были записаны по резервному каналу через СМ. Запуск динамического режима системы управления движением и навигации ТПК для режима расстыковки выполнен экипажем в 04:26:00 ДМВ. Команда на открытие крюков ТПК по указанию ЦУПа-М выдана экипажем в 04:32:30 ДМВ, расстыковка произошла в 04:34:04 ДМВ.

Спуск осуществлялся по штатной программе. Посадка выполнена на первом суточном витке. Включение сближающе-корректирующего двигателя для выдачи тормозного импульса произошло в 07:01:35 ДМВ. Двигатель штатно отработал тормозной импульс, который составил 128 *м/с*.

Разделение отсеков произошло в 07:29:55 ДМВ. Расчетное время входа СА в атмосферу – 07:34:25 ДМВ. Спуск в атмосфере выполнен в режиме автоматического управляемого спуска. Внеатмосферный промах составил +9 секунд, максимальная перегрузка – 3,95 единицы.

Посадка СА произошла в 07:55:10 ДМВ в расчетной точке вблизи г. Жезказгана (рис. 12). Двигатели мягкой посадки сработали штатно. СА ТПК «Союз МС-17» находился вертикально, купол парашюта погашен. Самочувствие экипажа хорошее.

По завершении космического полета в период с 23 апреля по 13 мая 2021 года в процессе встреч со специалистами Центра подготовки космонавтов имени Ю.А. Гагарина и заинтересованных организаций космонавтами С.Н. Рыжиковым и С.В. Кудь-Сверчковым были высказаны замечания и предложения по конструкции, бортовым системам и оборудованию, организации работ на ТПК, ТКК и РС МКС, научной аппаратуре и программе



Рис. 12. Приземление СА ТПК «Союз МС-17»

НПИ, информационному обеспечению и планированию деятельности экипажа, подготовке космонавтов и т.д. в интересах дальнейшего совершенствования космической техники, организации деятельности экипажей в полете и повышения качества подготовки космонавтов.

В период проведения послеполетных мероприятий космонавты Сергей Рыжиков и Сергей Кудь-Сверчков приняли участие в экспериментальных исследованиях о возможностях и особенностях выполнения космонавтами сложной профессиональной деятельности при длительных полетах в окололунном пространстве, на Луне и в дальнем космосе в рамках научно-исследовательской работы (НИР) «Созвездие-ЛМ-20/21», выполняемой Центром подготовки космонавтов имени Ю.А. Гагарина.

Так на следующий день после возвращения на Землю на специализированном тренажере ТС-7 (на базе центрифуги ЦФ-7) Сергей Рыжиков отработал в динамическом и статическом режимах ручной управляемый спуск с орбиты (рис. 13). Сергей Кудь-Сверчков аналогичные операции выполнил на 4-й день после космического полета.

На 5-й день с космонавтами были проведены исследования по ручному причаливанию и перестыковке на специализированном тренажере «Дон-Союз» (рис. 14).

По результатам проведенных исследований было установлено, что операторские навыки экипажа МКС-64 не изменились за время полугодичного полета по сравнению с предполетными фоновыми данными. Полученный результат подтверждает возможность выполнения космонавтами сложной операторской деятельности после длительного космического полета.



Рис. 13. Сергей Рыжиков. Выполнение на ТС-7 ручного управляемого спуска с орбиты

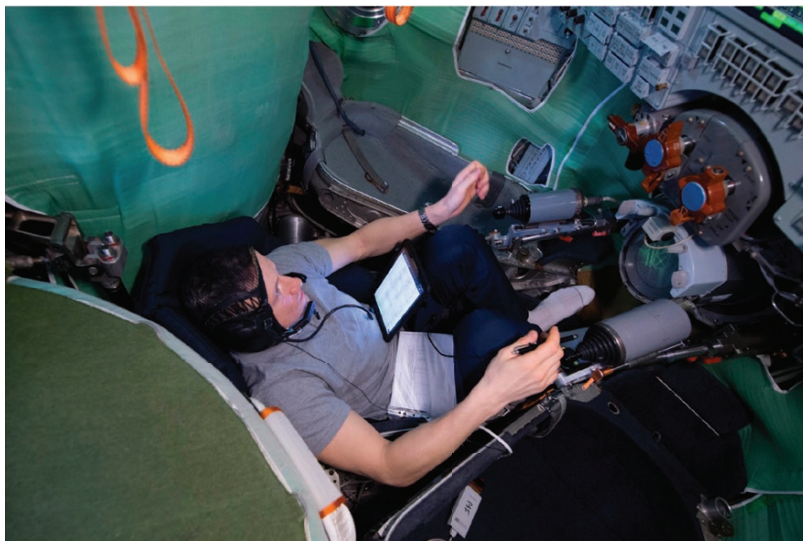


Рис. 14. Сергей Кудь-Сверчков. Выполнение на тренажере «Дон-Союз» ручного причаливания

Выводы

Наземная подготовка по ТПК «Союз МС-17» и РС МКС, а также подготовка на борту МКС позволили экипажу экспедиции МКС-64 успешно выполнить программу космического полета, в том числе, в полном объеме реализовать российскую программу НПИ.

Для продолжения дальнейшей эксплуатации МКС на российском сегменте выполнены работы по техническому обслуживанию и дооснащению бортовых систем и оборудования, а также плановые ремонтно-восстановительные работы и работы, связанные с поиском и ликвидацией причин негерметичности ПрК СМ.

В процессе космического полета большое внимание уделялось вопросам безопасности.

Тесное взаимодействие экипажа МКС-64 с экипажами МКС-63, Crew-1 и МКС-65, а также персоналом Центра управления полетами способствовало их эффективной деятельности на борту МКС.

По результатам послеполетных встреч экипажа со специалистами составлен план-график мероприятий по устранению замечаний и реализации предложений космонавтов С.Н. Рыжикова и С.В. Кудь-Сверčkова.

Проведение в период послеполетных мероприятий экспериментальных исследований в рамках НИР «Созвездие-ЛМ-20/21» позволяет накапливать статистические данные и проводить анализ возможностей и особенностей выполнения космонавтами сложной профессиональной деятельности после длительных космических полетов.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Основные результаты подготовки и деятельности экипажа МКС-60/61 при выполнении программы космического полета / Скворцов А.А., Орешкин Г.Д., Кондрат А.И., Медведев А.А., Сабуров П.А. // Пилотируемые полеты в космос. – 2020. – № 2(35). – С. 5–22.
- [2] Основные результаты подготовки и деятельности экипажа МКС-60/61/62 при выполнении программы космического полета / Скрипочка О.И., Орешкин Г.Д., Кондрат А.И., Медведев А.А., Сабуров П.А. // Пилотируемые полеты в космос. – 2020. – № 3(36). – С. 5–24.
- [3] Основные результаты подготовки и деятельности экипажа МКС-63 при выполнении программы космического полета / Иванишин А.А., Вагнер И.В., Орешкин Г.Д., Кондрат А.И., Медведев А.А., Сабуров П.А. // Пилотируемые полеты в космос. – 2021. – № 1(38). – С. 5–24.

REFERENCES

- [1] Main results of training and activity of the ISS-60/61 crew members when carrying out the mission plan / Skvortsov A.A., Oreshkin G.D., Kondrat A.I., Medvedev A.A., Saburov P.A. // Scientific Journal “Manned Spaceflight”. – 2020. – No 2(35). – pp. 5–22.
- [2] Main results of training and activity of the ISS crew for Expedition 60/61/62 when carrying out the mission plan / Skripochka O.I., Oreshkin G.D., Kondrat A.I., Medvedev A.A., Saburov P.A. // Scientific Journal “Manned Spaceflight”. – 2020. – No 3(36). – pp. 5–24.
- [3] Main results of training and activity of the ISS crew for Expedition 60/61/62 when carrying out the mission plan / Ivanishin A.A., Vagner I.V., Oreshkin G.D., Kondrat A.I., Medvedev A.A., Saburov P.A. // Scientific Journal “Manned Spaceflight”. – 2021. – No 1(38). – pp. 5–24.