

# ИТОГИ ПОЛЕТОВ ЭКИПАЖЕЙ МКС

## RESULTS OF THE ISS CREW MISSIONS

УДК 629.78.007:001:629.786.2

### ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ПОДГОТОВКИ И ДЕЯТЕЛЬНОСТИ 68-й И 69-й ЭКСПЕДИЦИЙ МКС ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ПРОГРАММЫ КОСМИЧЕСКОГО ПОЛЕТА

С.В. Прокопьев, Д.А. Петелин, А.И. Кондрат, Д.А. Темарцев,  
В.В. Несмеянов, П.А. Сабуров, В.А. Копнин

Герой Российской Федерации, летчик-космонавт Российской Федерации, космонавт-испытатель 3-го класса отряда космонавтов Государственной корпорации по космической деятельности (ГК) «Роскосмос» С.В. Прокопьев; космонавт-испытатель отряда космонавтов ГК «Роскосмос» Д.А. Петелин; А.И. Кондрат; Д.А. Темарцев; В.В. Несмеянов; П.А. Сабуров; В.А. Копнин (ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина»)

В статье приведены составы 68-й и 69-й экспедиций Международной космической станции (МКС), основные задачи, особенности и результаты подготовки к полету. Представлены результаты деятельности на борту транспортных пилотируемых кораблей (ТПК) «Союз МС-22» и «Союз МС-23» и МКС. Проведен предварительный анализ выполнения российской научной программы. Рассмотрены работы внекорабельной деятельности (ВКД) по программам российского (РС) и американского (АС) сегментов МКС.

**Ключевые слова:** подготовка экипажа, космический полет, транспортный пилотируемый корабль, Международная космическая станция, деятельность экипажа, научная программа, научно-прикладное исследование, целевая работа, внекорабельная деятельность

### **Main Results of Training and Activity of the ISS Crew for Expedition 68 and 69 When Carrying out the Mission Plan. S.V. Prokopiev, D.A. Petelin, A.I. Kondrat, D.A. Temartsev, V.V. Nesmeyanov, P.A. Saburov, V.A. Kopnin**

The paper represents members of the International Space Station crew for Expedition 68 and 69 as well as the main tasks, features, and results of training for the space flight. Results of the crew's performance aboard the "Soyuz MS-22" and "Soyuz MS-23" manned transport vehicles and International Space Station are given. Extravehicular operations (EVAs) under the programs of the Russian Segment (RS) and USA Segment (USOS) of the ISS are considered.

**Keywords:** crew training, space flight, manned transport vehicle, International Space Station, crew's activity, research program, scientific applied study, target work, extravehicular activity

### Состав экипажа

Сергей Валерьевич Прокопьев командир ТПК «Союз МС»,  
командир 68-й и 69-й экспедиций МКС;  
Дмитрий Александрович Петелин бортинженер ТПК «Союз МС»,  
бортинженер 68-й и 69-й экспедиций МКС;  
Франциско Рубио бортинженер-2 ТПК «Союз МС»,  
бортинженер 68-й 69-й экспедиций МКС,  
выполнили самый длительный космический полет в программе МКС продолжительностью 370 суток 21 час 22 минуты с 21 сентября 2022 г. по 27 сентября 2023 г. (рис. 1).



Рис. 1. Экипаж 68-й и 69-й экспедиций МКС  
слева направо: Ф. Рубио, С. Прокопьев, Д. Петелин

С.В. Прокопьев – космонавт-испытатель 3-го класса, в отряде космонавтов с 2011 г.

1-й космический полет продолжительностью 196 суток 17 часов 49 минут 21 секунда выполнил с 6 июня по 20 декабря 2018 г. в качестве командира ТПК «Союз МС-09» и бортинженера (БИ) 56-й и 57-й экспедиций МКС.

В ходе космического полета осуществил 2 выхода в открытый космос суммарной длительностью 15 часов 31 минута.

Д.А. Петелин – космонавт-испытатель, в отряде космонавтов с 2012 г. Опыта космических полетов не имел.

Ф. Рубио – астронавт НАСА (США), в отряде астронавтов с 2017 г. Опыта космических полетов не имел.

## Основные задачи, особенности и результаты подготовки к космическому полету

К подготовке к космическому полету (рис. 2) С. Прокопьев и Д. Петелин приступили с мая 2021 г. в составе дублирующего экипажа 67-й экспедиции МКС совместно с А. Кикиной (космонавт-испытатель ГК «Роскосмос», в отряде космонавтов с 2012 г., на момент включения в экипаж опыта космических полетов не имела, выполнила один космический полет с 5 октября 2022 г. по 12 марта 2023 г.). В это же время астронавт Ф. Рубио начал техническую подготовку по системам ТПК «Союз МС» и РС МКС. В декабре 2021 г. после принятия предварительного решения, что полет Анны состоится на корабле Crew Dragon осенью 2022 г., а полет Ф. Рубио – на корабле «Союз МС», космонавты и астронавт приступили к подготовке в соответствующих экипажах пилотируемых кораблей. Соглашение о перекрестных полетах американских астронавтов на ТПК «Союз МС» и российских космонавтов на кораблях Crew Dragon между ГК «Роскосмос» и НАСА было подписано 14 июля 2022 г. [1].

Программы подготовки были разработаны на основе «Требований к технической подготовке...», полученных из Ракетно-космической корпорации (РКК) «Энергия» имени С.П. Королёва, и ряда дополнений к ним.

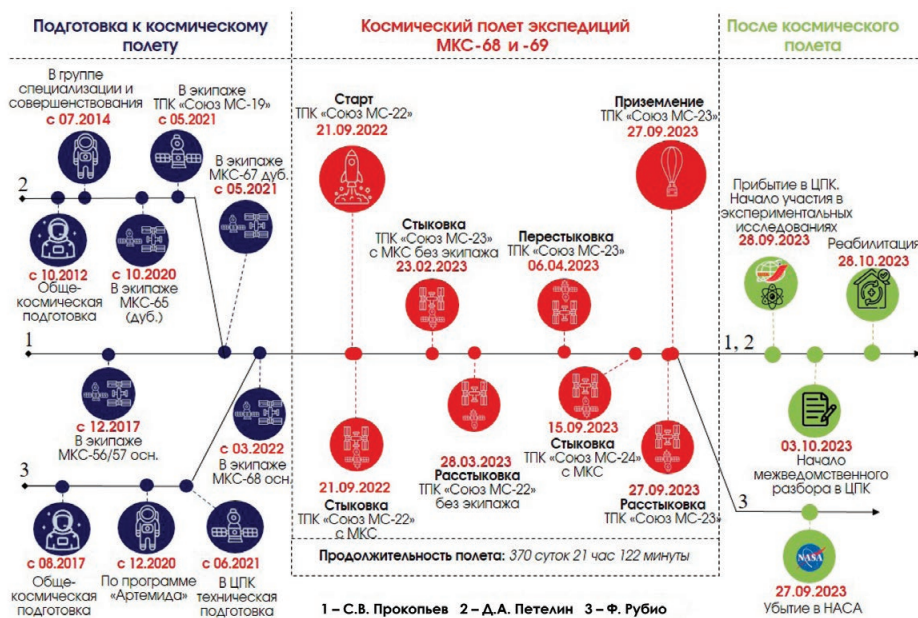


Рис. 2. Основные этапы подготовки к космическому полету, космического полета и послеполетных мероприятий экипажа экспедиции МКС-68 и -69

При разработке программ были учтены задачи космического полета, объемы и результаты предыдущих этапов подготовки, текущий уровень подготовленности и распределение функциональных обязанностей между членами экипажей.

Подготовка проводилась поочередными тренировочными сессиями:

- в учебных аудиториях Центра подготовки космонавтов (ЦПК) и РКК «Энергия», на тренажерах и стендах ЦПК – по РС МКС, транспортным пилотируемым и грузовым кораблям и российской научной программе;
- на базах международных партнеров – по модулям АС МКС.

Большая часть времени была уделена подготовке по ТПК «Союз МС» и РС МКС. Основными задачами подготовки являлись приобретение и закрепление знаний, формирование умений и отработка навыков:

- выполнения функциональных обязанностей в составе экипажа ТПК «Союз МС»;
- взаимодействия членов экипажей при эксплуатации и управлении бортовыми системами и оборудованием ТПК и РС МКС на всех этапах полета в штатных и нештатных ситуациях (НшС);
- взаимодействия при выполнении сближения, причаливания, стыковки и перестыковки ТПК «Союз МС» на все стыковочные узлы (СУ) РС МКС;
- взаимодействия членов экипажа при выполнении расстыковки ТПК от МКС в дежурной ориентации, с неориентированной и нестабилизированной станцией, а также при срочной расстыковке двух кораблей;
- выполнения операций по консервации и расконсервации ТПК, операций по обеспечению готовности ТПК к спуску, в том числе в случае срочного покидания МКС;
- выполнения срочного спуска с орбиты в случае покидания МКС;
- выполнения ручного управляемого спуска (РУС) спускаемого аппарата (СА) ТПК «Союз МС» в атмосфере;
- построения орбитальной и солнечной ориентаций и закрутки в ручном режиме в аналоговом и дискретном контурах ТПК «Союз МС»;
- контроля автоматического сближения и стыковки ТПК «Прогресс МС» с МКС;
- выполнения причаливания, стыковки ТПК на все СУ РС МКС и расстыковки ТПК от них в телеоператорном режиме управления (ТОРУ);
- совместной работы с другими экипажами МКС, приема и передачи смены по РС МКС;
- технического обслуживания, дооснащения и ремонта бортовых систем РС МКС;
- выполнения российской научной программы на РС МКС;
- парирования аварийных ситуаций на МКС (пожар, разгерметизация, токсичная атмосфера);
- выполнения разгрузочно-погрузочных работ, укладки снаряжения, личных вещей и возвращаемых грузов в СА, замены индивидуальных ложементов и изменения режима нагружения амортизаторов кресел;

– взаимодействия членов экипажа по типовым и целевым операциям внекорабельной деятельности (ВКД-55–59), в том числе при дооснащении РС МКС;

– взаимодействия членов экипажа в случае нештатной посадки в различных климатогеографических зонах;

– повышения устойчивости организма к факторам космического полета;

– эксплуатации бортовых медицинских средств и оказания само- и взаимопомощи в экстренных ситуациях.

По результатам проведения медико-биологического раздела программы подготовки все члены 68-й экспедиции МКС решением Главной медицинской комиссии (ГМК) от 23 августа 2022 г. были признаны годными к космическому полету по состоянию здоровья.

На заключительном этапе технической подготовки с экипажем были проведены:

– экзаменационные тренировки на специализированных тренажерах по оценке готовности командира корабля (КК) и БИ 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 (табл. 1).

Таблица 1

Результаты экзаменационных тренировок

Наименование экзамена	С. Прокопьев	Д. Петелин	Ф. Рубио
Комплексная эксплуатация ТПК «Союз МС»	4,4		
Комплексная эксплуатация РС МКС	5,0		
Ручное сближение	5,0		–
Ручное причаливание и перестыковка ТПК «Союз МС»	5,0	5,0	–
ТОРУ ТГК «Прогресс МС»	5,0	5,0	–
РУС	5,0	5,0	–

По результатам подготовки по российской научной программе были выпущены заключения о готовности космонавтов к выполнению научно-прикладных исследований (целевых работ) (НПИ/ЦР), запланированных к реализации в период работы 68-й экспедиции МКС.

1 сентября 2022 г. в ЦПК имени Ю.А. Гагарина состоялось заседание Межведомственной комиссии, которая, проанализировав выводы ГМК и результаты зачетов и экзаменов, пришла к заключению:

1. Экипаж к выполнению космического полета на ТПК «Союз МС-22» и РС МКС по программе 68-й экспедиции МКС подготовлен.

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

Программа предстартовой подготовки экипажа 68-й экспедиции МКС на космодроме Байконур была выполнена в полном объеме в период с 5 по 21 сентября 2022 г.

### **Выведение и стыковка ТПК «Союз МС-22» с МКС**

Старт ТПК «Союз МС-22» с экипажем в составе С. Прокопьева, Д. Петелина и Ф. Рубио состоялся 21 сентября 2022 г. в 16:54:49 ДМВ с космодрома Байконур.

Выведение и отделение корабля от ракеты-носителя прошло штатно.

В соответствии с программой полета сближение ТПК с МКС осуществлялось по 2-витковой схеме и в 20:06:36 ДМВ (через 3 часа 11 минут 47 секунд от контакта подъема) ТПК «Союз МС-22» причалил к СУ 1-го малого исследовательского модуля (МИМ1) РС МКС.

После стыковки экипаж осуществил контроль герметичности отсеков корабля и стыка, выравнял давление между отсеками ТПК и МКС и открыл переходные люки.

Выполнив консервацию транспортного корабля, экипаж завершил первый этап программы полета ТПК «Союз МС-22».

### **Основные работы в период полета 68-й и 69-й экспедиций МКС**

За время 68-й и 69-й экспедиций МКС были выполнены:

1. Российская научная программа в соответствии с программами реализации НПИ/ЦР, планируемыми в период 68-й и 69-й пилотируемых экспедиций МКС.
2. Внекорабельная деятельность.
3. Материально-техническое обслуживание и дооснащение бортовых систем и оборудования РС МКС.
4. Ремонтно-восстановительные работы (РВР) на РС МКС.
5. Поиск и работы по устранению негерметичности переходной камеры (ПрК) служебного модуля (СМ) РС МКС.
6. Прием, разгрузка, загрузка и проводы транспортных кораблей.
7. Подготовка на борту.
8. Проведение телевизионных (ТВ) репортажей, фото- и видеосъемок.
9. Работы по связям с общественностью.

### **Российская научная программа**

Научная программа выполнялась в соответствии с программами реализации НПИ/ЦР, планируемыми в период 68-й и 69-й пилотируемых экспедиций МКС. Перечень космических экспериментов (КЭ) и ЦР, распределенных в долгосрочной программе целевых работ по разделам и направлениям исследований, выполненных С. Прокопьевым и Д. Петелиным за время полета, приведен в табл. 2.

Таблица 2

## Перечень КЭ/ЦР

Подпрограмма	Направление: наименование КЭ/ЦР	Общее кол-во
Научные фундаментальные исследования	<p><b>Космическая биология и физиология:</b>  БИО-2 «Биориск» (ВКД-59);  БИО-21 «Цитомеханаarium»;  БИО-22 «Рефлекс»;  БТХ-26 «Каскад»;  БТХ-39 «Асептик»;  БТХ-42 «Структура»;  БТХ-45 «Биопленка»;  БТХ-46 «Фотобиореактор»;  БТХ-49 «Фаген» (второй этап);  БТХ-52 «МСК-2»;  БТХ-54 «Биомаг-М»;  МБИ-13 «Спланх»;  МБИ-31 «Кардиовектор» (третий этап);  МБИ-37 «Пилот-Т»;  МБИ-41 «Нейроиммунитет»;  МБИ-42 «Коррекция»;  МБИ-46 «ОМИКи-СПК»;  РБО-3 «Матрешка-Р».</p> <p><b>Космическое материаловедение:</b>  КПТ-21 (ТЕХ-20) «Плазменный кристалл»;  ТХН-5 «Вампир»;  АСР-16 «Перитектика» (EML);  АСР-21 «GEL» (SoFIE).</p> <p><b>Исследование Земли из космоса:</b>  ДЗЗ-15 «Терминатор».</p> <p><b>Физика космических лучей:</b>  ГФИ-35 «УФ атмосфера»</p>	24
Технологии освоения космического пространства	БТХ-11 «Биодеградация»; БТХ-48 «Пробиовит»; ГФИ-8 «Ураган»; ДЗЗ-18 «Дубрава»; ДЗЗ-19 «Сценарий»; МБИ-38 «Взаимодействие-2»; КПТ-22 «Экон-М»; ТЕХ-22 «Идентификация»; ТЕХ-48 «Сепарация»; ТЕХ-52 «Визир»; ТЕХ-53 «Биополимер»; ТЕХ-68 «ИМПАКТ» (ВКД-59); ТЕХ-79 «3D-печать»; ТЕХ-80 «Защитный композит»	14
Практические задачи и образовательные мероприятия	ОБР-5 «Великое начало»; ОБР-7 «О Гагарине из космоса»; ОБР-13 «Дисперсия»	3
<b>Всего:</b>		<b>41</b>

В соответствии с программой НПИ/ЦР С. Прокопьев принял непосредственное участие в выполнении 24 КЭ/ЦР, Д. Петелин – в 30. Шесть космических экспериментов проводились в автоматическом режиме: «БТН-Нейтрон», «Вектор-Т», «Среда-МКС», «Выносливость», «Тест», «Радиоскаф».

Три КЭ являлись новыми:

– «Вампир» – выращивание кристаллов твердых растворов CdZnTe (кадмий-цинк-теллур) методом движущейся зоны растворителя во вращающемся магнитном поле;

– «Дисперсия» – наглядная демонстрация и цифровая визуализация процессов фазового распада и расслоения в системах полимер–растворитель процессов формирования, течения и разрушения жидкофазных дисперсных систем различной природы при нагревании и вибровоздействии, а также поведения электро- и магнитореологических жидкостей при воздействии электрического и магнитного полей в условиях микрогравитации;

– «GEL» (Growth and Extinction Limit – определение пределов развития и гашения пламени) – совместная с НАСА ЦР по исследованию пределов распространения и затухания пламени твердых горючих материалов.

В целом, за последние 10 экспедиций МКС количество экспериментов на экспедицию примерно одинаковое (рис. 3). Отдельные отклонения в меньшую сторону были связаны с подготовкой и дооснащением станции многофункциональным лабораторным (МЛМ) и узловым (УМ) модулями.

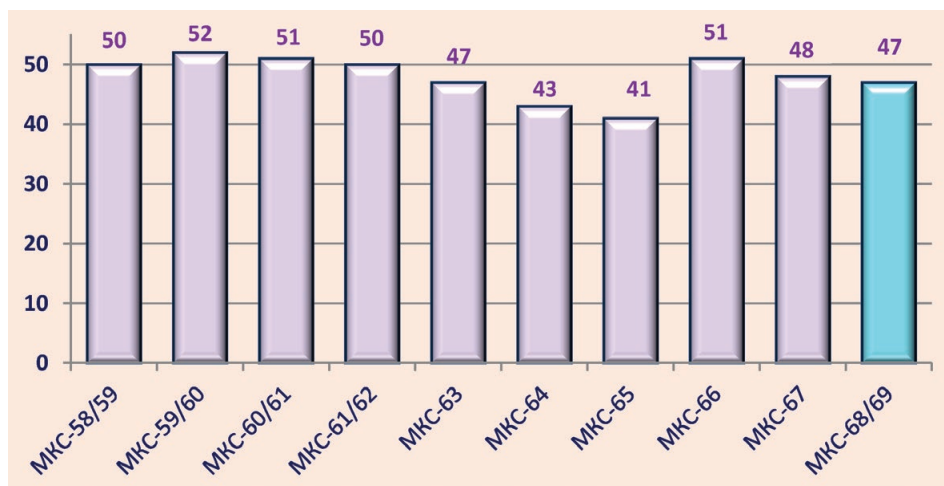


Рис. 3. Общее количество КЭ/ЦР в последних 10 экспедициях МКС

Наиболее трудоемкими КЭ/ЦР были:

– у С. Прокопьева – ЦР «3D-печать» – отработка технологий аддитивного производства изделий в условиях космоса;

– у Д. Петелина – новая ЦР «Дисперсия»;

– для обоих космонавтов – ЦР «Экон-М» – наблюдение за экологической обстановкой в районах деятельности различных объектов на территории Российской Федерации и зарубежных государств. В общей сложности было сделано более 23 тысяч фотоснимков земной поверхности, в качестве примера представлено несколько фотографий.





Вынос р. Фрейзер в районе г. Ричмонд,  
Канада (автор С. Прокопьев)



Извержение вулкана Шивелуч  
на полуострове Камчатка  
(автор Д. Петелин)

Дополнительно космонавты выполнили:

- замену флэш-дисков блока контроля интерфейсов полезных нагрузок (БКИПН) в СМ (С. Прокопьев совместно с А. Федяевым) [2];
- подготовительные работы в обеспечении проведения второго этапа КЭ ДЗЗ-17 «Напор-мини-РСА» (Д. Петелин совместно с А. Федяевым) [2];
- тестовые проверки универсальной виброзащитной платформы комплекса целевых нагрузок МИМ1;
- демонтаж и разборку блока преобразования акустических сигналов из состава аппаратуры завершеного КЭ «Пробой» для возврата на Землю на ТПК «Союз МС-22».

Благодаря вовлеченности и стремлению к высоким результатам, а также положительной обратной связи от постановщиков КЭ, за время 68-й и 69-й экспедиций космонавты с большим интересом отнеслись к реализации запланированной программы НПИ/ЦР, работая, в том числе и в личное время. Ими было проведено более девятисот сеансов экспериментальных исследований, что в 1,85 раза превысило запланированную программу.

### **Внекорабельная деятельность**

В соответствии с программой работ на РС МКС в период 68-й и 69-й экспедиций С. Прокопьев и Д. Петелин выполнили шесть выходов в открытый космос общей продолжительностью 39 часов 45 минут.

В соответствии с программой работ на АС МКС в период 68-й и 69-й экспедиций было выполнено восемь выходов в открытый космос, направленных на установку разворачиваемых солнечных батарей на ферменных конструкциях и подключение их к системе электропитания. Три астронавта трижды отработали за бортом станции: Джош Кассада и Фрэнк Рубио – в сумме 21 час 9 минут каждый, Стив Боуэн – в сумме 18 часов 28 минут. По два выхода в открытый космос также выполнили три астронавта: Коичи Ваката и Николь Мэнн – в сумме 13 часов 40 минут каждый и Вуди Хобург – в сумме 11 часов 31 минута. Султан Аль-Нейади осуществил один выход в открытый космос длительностью 6 часов 57 минут (табл. 3).

Таблица 3

## ВКД по программе РС МКС

Наименование выхода	Выходной люк		Основные задачи
	Открытие дата / ДМВ	Закрытие дата / ДМВ	
ВКД-55	17.11.22 / 17:41:56	18.11.22 / 00:07:33	<ul style="list-style-type: none"> <li>– подготовительные работы для переноса дополнительного радиационного теплообменника (РТОд) с МИМ1 на МЛМ;</li> <li>– установка блокиратора на грузовой стреле;</li> <li>– монтаж на МЛМ средства крепления крупногабаритных объектов</li> </ul>
ВКД-56	19.04.23 / 04:39:55	19.04.23 / 12:35:11	– перенос дополнительного радиационного теплообменника с МИМ1 на МЛМ
ВКД-57	03.05.23 / 23:00:22	04.05.23 / 06:11:19	– перенос шлюзовой камеры с МИМ1 на МЛМ, ее стыковка и подключение
ВКД-58	12.05.23 / 18:46:49	13.05.23 / 00:01:33	<ul style="list-style-type: none"> <li>– раскрытие, заправка и интеграция РТОд с гидравлическими контурами системы обеспечения теплового режима МЛМ;</li> <li>– монтаж 2 поручней-переходов МЛМ-УМ;</li> <li>– установка 2 фалов на манипуляторе ERA</li> </ul>
ВКД-59	22.06.23 / 17:24:32	22.06.23 / 23:48:24	<ul style="list-style-type: none"> <li>– завершение установки аппаратуры передачи информации на СМ;</li> <li>– демонтаж планшета № 2 в рамках КЭ «ИМПАКТ» (по исследованию параметров выбросов двигателей ориентации РС);</li> <li>– демонтаж в рамках КЭ «Биориск» 1-го контейнера с образцами материалов, которые находились за пределами станции 19 лет;</li> <li>– чистка остекления иллюминатора левой каюты СМ;</li> <li>– фотографирование внешней поверхности РС МКС</li> </ul>
ВКД-60	09.08.23 / 17:44:37	10.08.23 / 00:19:18	<ul style="list-style-type: none"> <li>– монтаж на МИМ1 дополнительных экранов микрометеороидной защиты;</li> <li>– перемещение переносного рабочего места с МИМ1 на МЛМ;</li> <li>– тестовое перемещение оператора ВКД на переносном рабочем месте</li> </ul>

Основной особенностью выполнения программы ВКД на РС МКС можно считать два переноса ВКД-56.

25 ноября 2022 г. в процессе подготовки к выходу в открытый космос была зафиксирована нештатная работа основных и резервных насосов в системах охлаждения скафандров «Орлан-МКС». Выход был отменен. Попытки восстановления работоспособности насосов к положительному результату не привели. 5 и 6 декабря 2022 г. космонавты впервые провели замены основных и резервных насосов в системах охлаждения скафандров «Орлан-МКС» не в заводских условиях, а в космическом полете, чем обеспечили возможность дальнейшего выполнения программы ВКД. Следующая попытка выйти в открытый космос была предпринята 15 декабря 2022 г.

## Изменение программы полета

Однако 15 декабря 2022 г. в процессе шлюзования перед ВКД программно-аппаратными средствами контроля состояния бортовых систем ТПК «Союз МС-22» была зафиксирована разгерметизация наружного контура системы терморегулирования корабля. Последующие фото- и видеосъемка приборного отсека ТПК «Союз МС-22», в том числе с помощью кистевой камеры манипулятора ERA, управляемого в ручном режиме, показали наличие повреждения обшивки навесного радиатора со следами истечения охлаждающей жидкости. Аналогичная НшС – потеря герметичности наружного контура системы терморегулирования, но уже ТПК «Прогресс МС-21», пристыкованного к МИМ2, – была зафиксирована чуть менее чем через два месяца, 11 февраля 2023 г.

По результатам проведения анализа возникших НшС был сделан вывод, что радиаторы были повреждены в результате ударов спорадическими метеороидами. Были приняты следующие решения:

- для возвращения экипажа на Землю запустить к МКС ТПК «Союз МС-23» в беспилотном варианте;
- осуществить в беспилотном варианте возвращение ТПК «Союз МС-22» на Землю;
- полет экипажа ТПК в составе С. Прокопьева, Д. Петелина и Ф. Рубио, запланированный до 28 марта 2022 г., продлить до сентября 2023 г. с возвращением на Землю на корабле «Союз МС-23».

18 февраля 2023 г. после отстыковки от станции ТПК «Прогресс МС-21» С. Прокопьев с использованием аппаратуры ТОРУ осуществил разворот, отвод и зависание корабля на дальности порядка 10 метров от МКС с целью осмотра внешней поверхности поврежденного навесного радиатора ТПК с помощью камер высокого разрешения американского манипулятора.

24 февраля 2023 г. состоялся старт ТПК «Союз МС-23» в беспилотном варианте. В соответствии с программой полета МКС сближение корабля со станцией осуществлялось по 2-суточной схеме и 26 февраля он причалил к СУ МИМ2 РС МКС в автоматическом режиме.

В последующие дни космонавты выполнили перенос и монтаж индивидуального снаряжения и оборудования из ТПК «Союз МС-22» в ТПК «Союз МС-23».

15 марта 2023 г. в интересах оценки температурно-влажностного режима в СА и БО ТПК «Союз МС-22» с разгерметизированным наружным контуром СТР С. Прокопьев, Д. Петелин и А. Федяев, прибывший на станцию 3 марта 2023 г. в составе экспедиции Srew-6, отработали в аварийном корабле выполнение теста СУДН и имитацию спуска на Землю. По решению руководителя полетами работы были завершены досрочно, по достижению предельно допустимой температуры в СА в зоне размещения экипажа, однако полученные результаты позволили сделать выводы, что безопасный

спуск ТПК «Союз МС-22» с тремя членами экипажа до достижения критической температуры возможен по укороченной циклограмме, а при проведении полной циклограммы спуска влажностный режим в СА корабля, температура в приборном отсеке и центральной вычислительной машине не превысят допустимые значения.

28 марта 2023 г. ТПК «Союз МС-22» в беспилотном варианте был отстыкован от станции. СА корабля благополучно приземлился в расчетной точке в районе казахстанского г. Жезказган. На Землю было доставлено 218 кг груза, в том числе результаты НПИ/ЦР, а также отдельные блоки бортовых систем и аппаратуры повторного использования.

6 апреля 2023 г. экипаж уже ТПК «Союз МС-23» в составе С. Прокопьева, Д. Петелина и Ф. Рубио выполнил его перестыковку с МИМ2 на УМ в ручном режиме управления. Задача была выполнена штатно.

### **Техническое обслуживание, ремонт и дооснащение**

За время полета С. Прокопьев и Д. Петелин выполнили ряд запланированных работ по техническому обслуживанию (ТО) и РВР бортовых систем РС МКС. Наиболее трудоемкими операциями являлись:

1. В части ТО РС МКС:
  - технологическое закрытие аварийных вакуумных клапанов (АВК);
  - проверка технологического срабатывания АВК из ЗИП;
  - регламентное обслуживание бегущей дорожки, клапанов системы обеспечения питьевой водой;
  - ежемесячные регламентные работы с управляющими компьютерами;
  - регенерация поглотительных патронов фильтров микропримесей.
2. В рамках РВР:
  - восстановление работоспособности системы очистки атмосферы от углекислого газа и ассенизационно-санитарных устройств в СМ и МЛМ;
  - устранение замечаний к работе системы охлаждения скафандров «Орлан-МКС»;
  - ремонт притяжных ремней кресел в ТПК «Союз МС-23»;
  - замена полотна бегущей дорожки, комплекта сменных магистралей откачки конденсата, устройства сопряжения бортовой вычислительной машины.
3. Поиск и устранение негерметичности в ПрК:
  - январь 2023 г. – герметизация мест пересечения и крепления трубопроводов системы терморегулирования (СТР), поиск негерметичности в районе сварного шва, установка куполов.
  - февраль 2023 г. – установка восьми куполов над участками трубопроводов и на открытых участках корпуса ПрК;
  - май 2023 г. – нанесение герметика на лапки кронштейна и участки трубопроводов СТР в зоне кронштейна рамы широкополосной системы связи, монтаж моста-перехода через трубы СТР;

– июнь 2023 г. – ТВ-репортаж по нанесению герметика, установка куполов;

– июль 2023 г. – установка заплат, обследование подозрительных мест, осмотры и фотографирование, демонтаж и установка куполов, проведение ТВ-репортажей в процессе герметизации.

#### 4. Работы по дооснащению РС МКС:

- замена вентиляторов на малошумные;
- монтаж и подключение аппаратуры радиотехнической системы передачи информации в СМ, аппаратуры радиотехнической системы сближения в МЛМ.

### Динамические операции

В период работы 68-й и 69-й экспедиций программа полета МКС была насыщена целым рядом динамических операций (табл. 4).

Таблица 4

Динамические операции в период 68-й и 69-й экспедиций МКС

Наименование корабля	Стыковка дата / ДМВ	Расстыковка дата / ДМВ	Стыковочный узел
ТПК «Союз МС-22»	21.09.2022 / 20:06	28.03.2023 / 12:57	МИМ1
ТПК «Союз МС-21»	–	29.09.2022 / 01:44	УМ
Dragon Crew-5	07.10.2022 / 00:01	11.03.2023 / 10:19	РМА2 Node2
Dragon Crew-4	–	14.10.2022 / 19:05	РМА3 Node2
ТГК «Прогресс МС-19»	–	23.10.2022 / 10:34	МИМ2
ТГК «Прогресс МС-21»	28.10.2022 / 05:45	18.02.2023 / 05:26	МИМ2
Cygnus NG-18	09.11.2022 / 16:02	21.04.2023 / 10:59	Nadir Node1
SpaceX-26 Dragon	27.11.2022 / 16:02	10.01.2023 / 01:05	РМА3 Node2
ТГК «Прогресс МС-20»	–	07.02.2023 / 07:56	АО СМ
ТГК «Прогресс МС-22»	11.02.2023 / 11:45	21.08.2023 / 02:50	АО СМ
ТПК «Союз МС-23»	26.02.2023 / 03:58	06.04.2023 / 11:44	МИМ2
Dragon Crew-6	03.03.2023 / 09:39	06.05.2023 / 14:22	РМА2 Node2
SpaceX-27 Dragon	16.03.2023 / 14:32	15.04.2023 / 18:05	РМА2 Node2
ТПК «Союз МС-23»	06.04.2023 / 12:21	27.09.2023 / 10:54	УМ
Dragon Crew-6	06.05.2023 / 15:01	03.09.2023 / 14:05	РМА2 Node2
Axiom-2	22.05.2023 / 16:19	30.05.2023 / 18:04	РМА3 Node2
ТГК «Прогресс МС-23»	24.05.2023 / 19:18	–	МИМ2
SpaceX-28 Dragon	06.06.2023 / 12:54	29.06.2023 / 19:30	РМА3 Node2
Cygnus NG-19	04.08.2023 / 15:27	–	Nadir Node1
ТГК «Прогресс МС-24»	25.08.2023 / 06:45	–	АО СМ
Dragon Crew-7	27.08.2023 / 16:15	–	РМА3 Node2
ТПК «Союз МС-24»	15.09.2023 / 21:53	–	МИМ1

Итого экипаж принял участие в работах, связанных с приемом, разгрузкой, загрузкой и проводами, с 4 ТПК, 6 ТГК, 5 кораблями Dragon Crew и 5 грузовыми американскими кораблями.

### **Подготовка на борту**

С целью поддержания в условиях длительного космического полета профессиональных знаний, навыков и умений, необходимых для успешного выполнения программы полета, с экипажем 68-й и 69-й экспедиций МКС был проведен ряд бортовых тренировок и консультаций. В целом, С. Прокопьев и Д. Петелин приняли участие:

- в 9 тренировках по ознакомлению с оборудованием, используемым в аварийных ситуациях, по изменениям в аварийных процедурах и использованию аварийных масок;
- 4 интегрированных тренировках по действиям в аварийных ситуациях;
- 25 тренировках и консультациях по шлюзованию, работе в скафандрах и порядку выполнения операций перед ВКД;
- 11 тренировках по контролю автоматического сближения беспилотного ТПК «Союз МС-23», по контролю сближения и ТОРУ ТГК «Прогресс МС-21...-24»;
- 2 тренировках по отработке основных действий на пультах манипулятора ERA;
- 7 тренировках и консультациях по перестыковке и спуску ТПК «Союз МС» и укладке возвращаемого оборудования.

Программа бортовых тренировок и консультаций была выполнена в полном объеме. Экипаж действовал согласно программе и бортовым инструкциям.

### **Связи с общественностью**

Большое внимание в полете было уделено работе по связям с общественностью. Космонавты приняли участие в Международных просветительских акциях «Географический диктант 2022» и «Евразийский экологический диктант», отвечали на вопросы журнала «Русский космос», проводили ТВ-сеансы с представителями ведущих российских средств массовой информации, записывали видеорепортажи для документального фильма, посвященного 165-летию со дня рождения К.Э. Циолковского.

В рамках космического эксперимента «О Гагарине из космоса», проводимого по радиоловительскому каналу связи путем передачи на наземные приемные станции радиоловителей всего мира фотоизображений, посвященных жизни и деятельности первого космонавта Ю.А. Гагарина, было проведено 37 сеансов с курсантами, студентами, школьниками образовательных учреждений Российской Федерации, а также с участниками XII Международной аэрокосмической школы им. космонавта-испытателя СССР У.Н. Султанова

и 13-го Международного фестиваля кинофильмов и телепрограмм «Свидание с Россией».

В ходе образовательных мероприятий космонавты приняли участие в ТВ-сеансах:

- с участниками «Космического урока» – 7 уроков;
- школьниками и студентами в рамках Всероссийской акции «Ученые – в школы»;
- участниками «Международной космической олимпиады»;
- участниками Международного молодежного форума «Мир 2100: глобальные тренды и будущее глазами молодых»;
- участниками II Конгресса молодых ученых;
- участниками мероприятия «Россия – Моя история»;
- участниками конкурса «Славные страницы истории братских народов России – Беларусь – Мы вместе»;
- участниками онлайн марафона «Мы первые».

Кроме того, экипаж постоянно вел персональные блоги, готовил видео и фоторепортажи, а также проводил фото- и видеосъемки хроники космического полета.

### Совместный полет с другими экипажами МКС

За время 68-й и 69-й экспедиций МКС на борту станции на разных этапах одновременно находилось от 7 до 11 человек. Совместные работы проводились с экипажами МКС-67, Crew-4, Crew-5, Crew-6, Axiom-2, Crew-7 и МКС-70 (рис. 5).

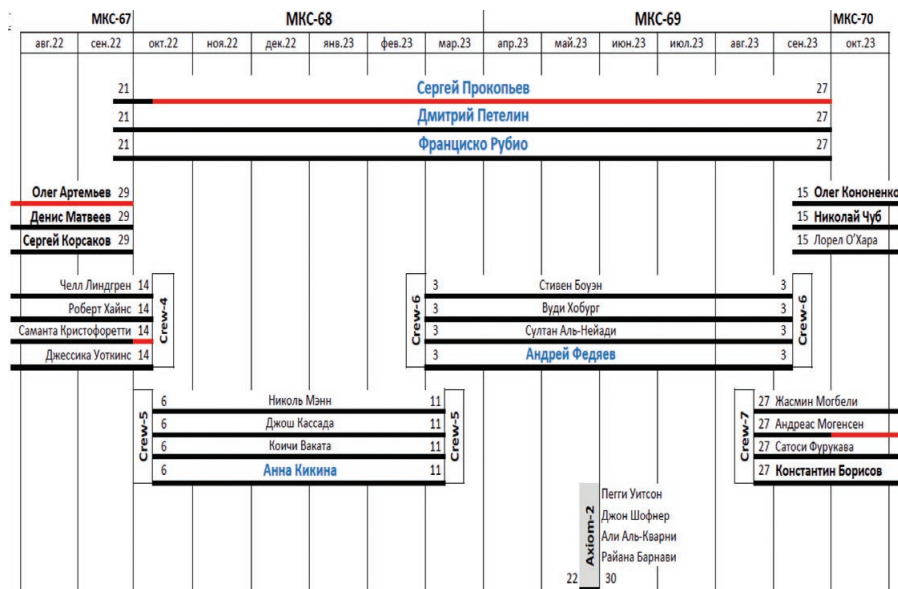


Рис. 5. Экипажи, работавшие в период 68-й и 69-й экспедиций МКС

## **Расстыковка и спуск ТПК «Союз МС-23»**

На заключительном этапе полета 69-й экспедиции МКС началась подготовка ТПК «Союз МС-23» к возвращению на Землю.

Штатный предпусковой тест системы управления движением и навигации (СУДН) был проведен 22 сентября 2023 г.

27 сентября 2023 г. на 11-м суточном витке КК приступил к расконсервации ТПК «Союз МС-23». Переход на автономное питание был выполнен в 07:15:00 ДМВ, и через 30 минут КК по указанию Земли (УЗ) выполнил закрытие переходных люков. На 12-м витке после проведения проверки герметичности люков космонавты надели скафандры. На 13-м витке экипаж выполнил переход в СА, закрытие люка СА-бытовой отсек (БО) и проверку на герметичность скафандров и люка СА-БО.

Расстыковка ТПК «Союз МС-23» от УМ была произведена на 14-м суточном витке. Запуск динамического режима СУДН для расстыковки экипаж выполнил в 10:46:00 ДМВ. Команда на открытие крюков ТПК по УЗ выдана экипажем в 10:53:00 ДМВ, время фактической расстыковки – 10:54:21 ДМВ.

Спуск выполнялся по штатной программе. Посадка осуществлена на 1-м суточном витке. Время включения сближающе-корректирующего двигателя для выдачи тормозного импульса 128,0 м/с – 13:03:47 ДМВ. Двигатель отработал без замечаний.

Разделение отсеков прошло в 13:51:58 ДМВ. Расчетное время входа СА в атмосферу – 13:56:22 ДМВ. Внеатмосферный промах составил +9 секунд. Торможение в атмосфере выполнялось в режиме автоматического управляемого спуска. Максимальная перегрузка составила 4,47 ед. Посадка СА произошла в 14:17 ДМВ в расчетной точке с координатами 47°16'38" с. ш., 69°40'49" в. д. вблизи г. Жезказган. Двигатели мягкой посадки сработали штатно.

## **Послеполетные мероприятия**

После завершения космического полета С. Прокопьев и Д. Петелин приняли участие во втором этапе экспериментального исследования в интересах подготовки и обеспечения полетов человека к другим телам и планетам Солнечной системы.

На третий день после возвращения на Землю космонавты прошли испытания на натурном стенде исследования операторских качеств по управлению движением транспортного средства, а на четвертый – продемонстрировали навыки управления моделью планетохода на поверхности космического объекта и отработали отдельные типовые операции шлюзования и ВКД на тренажере «Выход-2».

На пятый день Сергей выполнил в динамическом и статическом режимах ручной спуск с орбиты на тренажере на базе центрифуги ЦФ-18.



На девятый день космонавты проявили операторское мастерство при управлении транспортным средством с использованием антропоморфного робота в копирующем режиме (рис. 6).



Рис. 6. Прокопьев (слева) и Д. Петелин (справа) во время управления транспортным средством с использованием антропоморфного робота (посередине)

В период с 3 по 25 октября 2023 г. с целью разработки послеполетного экспресс-отчета в ЦПК были проведены встречи С. Прокопьева и Д. Петелина со специалистами ЦПК, РКК «Энергия», Института медико-биологических проблем, организаций-постановщиков космических экспериментов и других смежных организаций. Космонавтами был высказан ряд замечаний и предложений: по конструкции, бортовым системам и оборудованию, организации работ на ТПК, ТКК и РС МКС, научной аппаратуре (НА) и программе НПИ/ЦР, информационному обеспечению и планированию деятельности экипажа в интересах дальнейшего совершенствования космической техники, организации деятельности экипажей в полете и повышения качества подготовки космонавтов (рис. 7).

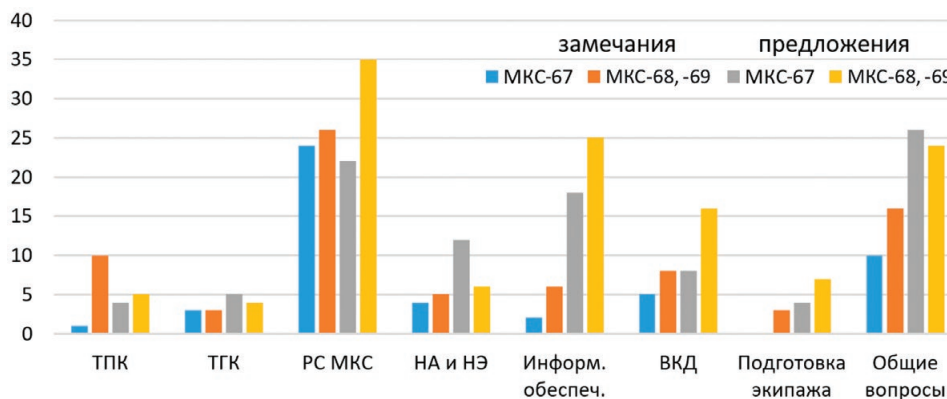


Рис. 7. Количественная оценка замечаний и предложений, высказанных космонавтами экипажей МКС-67 и МКС-68, -69

## Выводы

Уровень подготовленности С. Прокопьева и Д. Петелина по ТПК «Союз МС» и РС МКС позволил им выполнить запланированную программу космического полета не только 68-й, но и 69-й экспедиций МКС, парировав при этом ряд нетривиальных нештатных ситуаций.

Для продолжения дальнейшей эксплуатации МКС на РС космонавтами выполнен ряд работ по ТО бортовых систем и оборудования, плановые и внеплановые РВР, а также работы по дооснащению РС МКС.

В процессе космического полета большое внимание уделялось вопросам безопасности: проводились инструктажи, бортовые тренировки и консультации по использованию оборудования и действиям в аварийных ситуациях.

Тесное взаимодействие между космонавтами и астронавтами 68-й и 69-й экспедиций МКС, а также с персоналом Главной оперативной группы управления полетом РС МКС способствовало эффективному выполнению запланированной программы космического полета.

По результатам послеполетных встреч космонавтов со специалистами ЦПК и заинтересованных организаций разработан план-график мероприятий по устранению замечаний и реализации предложений, направленных на совершенствование космической техники, организации деятельности экипажей в космическом полете и повышение качества подготовки космонавтов.

Проведение в первые дни после приземления экспериментальных исследований в интересах подготовки и обеспечения полетов человека к другим планетам позволяет накапливать статистические данные о возможностях и особенностях выполнения космонавтами сложной профессиональной деятельности после длительных космических полетов.

## ЛИТЕРАТУРА

- [1] Основные результаты подготовки и деятельности при выполнении программы космического полета бортинженера-12 68-й экспедиции МКС, специалиста корабля SpaceX Dragon Crew-5 / А.Ю. Кикина, А.И. Кондрат, П.А. Сабуров, В.А. Копнин // Пилотируемые полеты в космос. – 2023. – № 2(47). – С. 5–14.
- [2] Основные результаты подготовки и деятельности при выполнении программы космического полета бортинженера-17 69-й экспедиции МКС, специалиста корабля SpaceX Dragon Crew-6 / А.В. Федяев, А.И. Кондрат, Д.А. Темарцев, П.А. Сабуров [и др.] // Пилотируемые полеты в космос. – 2023. – № 4(49). – С. 5–18.

## REFERENCES

- [1] Main Results of Training and In-Flight Activity of Flight Engineer-12 for Expedition ISS-68, Mission Specialist of SpaceX Dragon Crew-5 / A.Yu. Kikina, A.I. Kondrat, P.A. Saburov, V.A. Kopnin // Manned Spaceflight. – 2023 – No 2(47). – P. 5–14.
- [2] Main Results of Training and In-Flight Activity of Flight Engineer-17 for Expedition ISS-69, Mission Specialist of SpaceX Dragon Crew-6 / A.V. Fedyaev, A.I. Kondrat, D.A. Temartsev, P.A. Saburov [et al.] // Manned Spaceflight. – 2023 – No 4(49). – P. 5–18.