

УДК 004.896

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ  
КОЛЛАБОРАТИВНЫХ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ  
ТЕХНОЛОГИЙ И СРЕДСТВ ДЛЯ ПОДДЕРЖАНИЯ  
ОПЕРАТОРСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЭКИПАЖЕЙ  
ДЛИТЕЛЬНЫХ ИЗОЛЯЦИОННЫХ МИССИЙ****В.А. Дикарев, А.Н. Симбаев, Ю.С. Чеботарев, И.А. Буковская,  
Д.О. Глухих**

Докт. техн. наук, проф. В.А. Дикарев; канд. техн. наук, доц. А.Н. Симбаев;  
Ю.С. Чеботарев; И.А. Буковская (ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина»);  
Д.О. Глухих (ГНЦ РФ – ИМБП РАН)

В статье рассматривается анализ экспериментальных данных, полученных при проведении исследования в ходе изоляционного эксперимента SIRIUS-23 по направлению «Операционно-технологические аспекты» в разделе «Робототехника» в интересах оценивания качества применения и адаптации профессиограмм использования коллаборативных робототехнических технологий и средств (КРТиС) для поддержания операторской деятельности экипажей при реализации перспективных пилотируемых космических программ в условиях изоляции в гермообъекте с искусственной средой обитания. Выявлена адаптация испытуемых к работе с экспериментальной научной аппаратурой (НА) и установлена положительная динамика операторской деятельности членов экипажа с КРТиС при условии соблюдения разработанных методических рекомендаций. Выявлены возможные проблемы использования робототехнических систем (РТС) для поддержания операторской деятельности экипажей при реализации перспективных пилотируемых космических программ при моделировании отдельных факторов космического полета в условиях изоляции.

**Ключевые слова:** операторская деятельность, робототехническая система, виртуальная модель, антропоморфный робот, мобильная платформа, задающее устройство копирующего типа, факторы космического полета в условиях изоляции

**Exploring Collaborative Robotics Technologies and Means for  
Maintaining Crew Operator Activities Long Isolation Missions.  
V.A. Dikarev, A.N. Simbaev, Yu.S. Chebotarev, I.A. Bukovskaya,  
D.O. Glukhikh**

The article discusses the analysis of experimental data obtained during the study during the isolation experiment. SIRIUS-23 in the field of “Operational and technological aspects” in the section “Robotics” in the interests of assessing the quality of application and adaptation of professorships using collaborative robotic technologies and facilities (CRTiS) to maintain operational the activities of crews in the implementation of promising manned space programs in isolation in a hermetic facility with an artificial habitat. The adaptation of testers to work

with experimental scientific equipment (NA) has been revealed, and in general, the positive dynamics of the operational activities of crew members with CRTiS has been established, subject to compliance with the developed methodological recommendations. Possible problems of using robotic systems (RTAs) to support crew operations in the implementation of promising manned space programs while modeling individual factors of space flight in isolation have been identified.

**Keywords:** operator activity, robotic system, virtual model, anthropomorphic robot, mobile platform, master device of a copying type, factors of space flight in isolation

### Исследования возможностей использования РТС для поддержания навыков выполнения операторской деятельности экипажей

В рамках изоляционного эксперимента SIRIUS-23 «Изучение адаптационных процессов, происходящих в организме человека при моделировании комплекса факторов космического полета в условиях изоляции в гермообъекте с искусственной средой обитания» выполнена исследовательская работа «Операционно-технологические аспекты использования коллаборативных робототехнических систем (РТС) при ограничениях функциональных возможностей членов экипажа длительной пилотируемой космической экспедиции». Данная работа выполнялась в соответствии с Договором о сотрудничестве ГНЦ РФ – ИМБП РАН и ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина» (НИИ ЦПК) и является прикладной реализацией, выполненной в НИИ ЦПК.

Экспериментальные исследования (ЭИ) выполнены с использованием мобильного автоматизированного рабочего места (АРМ-М) (рис. 1, а), антропоморфного робота (АР) «ФЕДОР» (рис. 1, б) и АР «МАРФА», совмещенного с мобильной платформой (МП) (рис. 1, в), являющихся составной частью универсального компьютерного стенда (УКС) РТС [1–4].

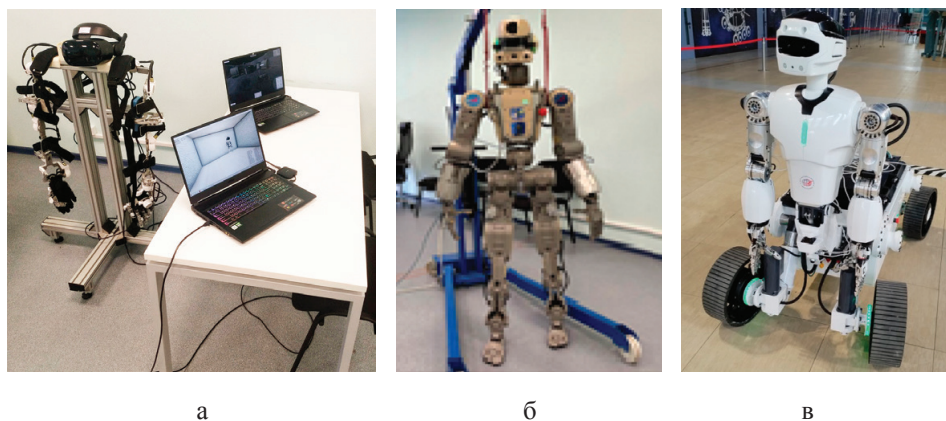


Рис. 1. Общий вид НА по разделу «Робототехника»:

а – АРМ-М; б – АР «ФЕДОР»; в – АР «МАРФА», совмещенный с МП

Исследования представляют собой серию сеансов работы операторов с виртуальной моделью РТС и ее физическим образцом, управляемыми с помощью мобильного задающего устройства копирующего типа (ЗУКТ-М), а также клавиатуры и «мыши» ноутбука. В рамках исследований предусмотрено выполнение шести сеансов по 4 часа каждый. Сеанс включает в себя два часа работы по методике, где отрабатываются задачи сценарного плана с учетом смены операторов, час самоподготовки и час для дистанционного и очного обучения выполнения новых задач. Для выполнения каждого варианта сценария задействуются четыре испытателя: оператор; ассистент оператора; лаборант-исследователь операторских качеств; лаборант-исследователь технических качеств.

Перед началом эксперимента SIRIUS-23 проводилась четырехчасовая подготовка испытателей, включающая теоретическую и практическую части. Во время эксперимента SIRIUS-23 под руководством инструктора из числа наиболее подготовленных членов экипажа перед каждым сеансом осуществлялась предварительная подготовка участников к выполнению операторских действий с различными объектами манипуляции.

Авторский надзор и техническую поддержку при возможных нештатных ситуациях в работе оборудования, а также его восстановление после проведения исследований (в случае выхода из строя), осуществлял разработчик УКС РТС АО «НПО «Андроидная техника».

Целью исследования являются ЭИ технологических процессов операционной и информационной поддержки деятельности членов экипажа с использованием КРТиС в обеспечение автономности выполнения совместных операций при ограничениях функциональных возможностей в условиях имитации факторов длительной космической экспедиции.

Задачами исследования являются:

- получение сравнительных экспериментальных данных и их обработка (до, во время и после изоляции) в интересах верификации технологических процессов операционной и информационной поддержки деятельности членов экипажа с использованием КРТиС в обеспечение автономности выполнения совместных операций при ограничениях функциональных возможностей в проекции на перспективные длительные пилотируемые космические экспедиции;
- оценка динамики изменения качества выполнения (до, во время и после изоляции) операторской деятельности членов экипажа с использованием КРТиС в условиях имитации фактора изоляции длительной космической экспедиции;
- формирование рекомендаций по проектированию и отработке коллаборации (совместных операций с эффектом сотрудничества) и интерфейса взаимодействия с РТС для операционной и информационной поддержки деятельности экипажей в перспективных пилотируемых космических полетах.

Перед проведением ЭИ на УКС РТС члены экипажа усваивают их цели и задачи, изучают потенциальные возможности УКС РТС и ограничения по выполнению на нем ЭИ.

С учетом количества и уровня готовности операторов к выполнению ЭИ на УКС РТС, а также доступного времени циклограммы ИЭ SIRIUS-23 происходит формирование перечня выбранных заданий и, в соответствии с ним, уточнение плана проведения ЭИ на УКС РТС.

Под каждое задание из сформированного перечня заданий ЭИ на УКС РТС производится распределение среди операторов их операторских, ассистентских, лабораторно-исследовательских функций и соответствующие им предписанные роли:

- оператор;
- ассистент оператора;
- лаборант-исследователь операторских качеств;
- лаборант-исследователь технических качеств.

Выполнение операторами предписанных ролей в каждом задании ЭИ на УКС РТС сопровождается инструктором оператора из числа наиболее подготовленных членов экипажа (сотрудник НИИ ЦПК), который при этом выступает в роли:

- инструктора оператора;
- инструктора ассистента оператора;
- инструктора лаборанта-исследователя операторских качеств;
- инструктора лаборанта-исследователя технических качеств.

Особенностью выполнения заданий ЭИ с использованием физических образцов АР и УКС РТС является приобретение членами экипажа первоначальных базовых навыков, необходимых для осуществления операторских, ассистентских и лабораторно-исследовательских функций.

При этом предусматривается, что операторские функции реализуются с помощью ЗУКТ-М.

Задания заключаются в управлении виртуальным физическим образцом АР в копирующем режиме в периметре его сцены. Контур управления АР организуется таким образом, что средством управления является ЗУКТ-М, объектом управления – АР, сопряженный с УКС РТС (рис. 2) [6–8].

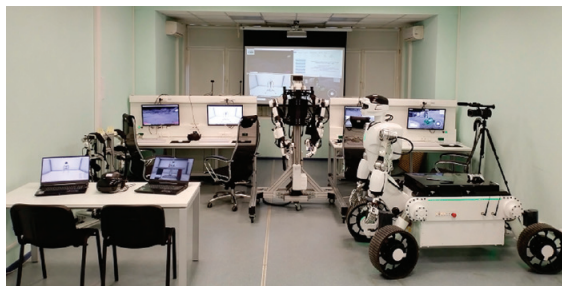


Рис. 2. Конфигурация модернизированного УКС РТС

Проведение ЭИ на УКС РТС предполагается по следующим группам заданий:

а) выполнение ЭИ с использованием виртуальных моделей для отработки индивидуальных операций с АР на неподвижной тумбе:

- с «простыми» объектами (рис. 3);
- с бортовым оборудованием (рис. 4);
- с функциональными панелями (рис. 5);

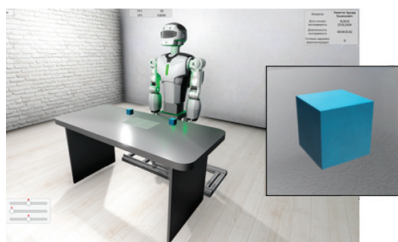


Рис. 3. Виртуальные сцены для работы АР на неподвижной платформе с «простыми» объектами



Рис. 4. Виртуальные сцены для работы АР на неподвижной платформе с бортовым оборудованием



Рис. 5. Виртуальные сцены для работы АР на неподвижной платформе с функциональными панелями



б) выполнение ЭИ с использованием виртуальных моделей для отработки групповых операций АР, совмещенным с МП по перемещению к объекту манипуляции:

- с «простыми» объектами (рис. 6);
- с бортовым оборудованием (рис. 7);
- с функциональными панелями (рис. 8);

в) выполнение ЭИ с использованием физического образца АР для отработки индивидуальных операций с роботом на тумбе:

- с «простыми» объектами (рис. 9, а);
- с бортовым оборудованием (рис. 9, б);
- с функциональными панелями (рис. 9, в);

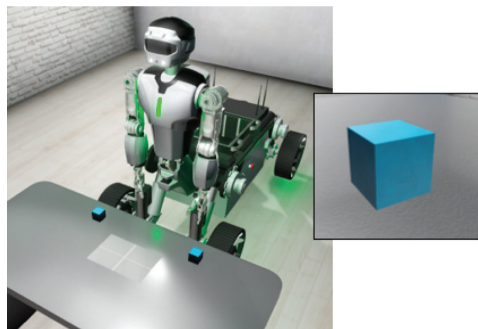


Рис. 6. Виртуальные сцены с «простыми» объектами для отработки групповых операций АР, совмещенным с МП



Рис. 7. Виртуальные сцены с бортовым оборудованием для отработки групповых операций АР, совмещенным с МП

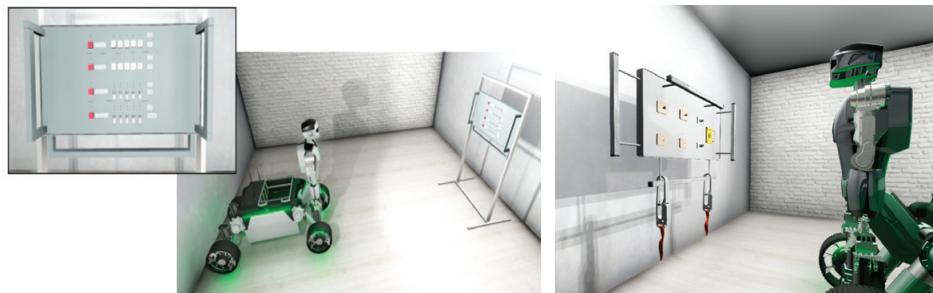
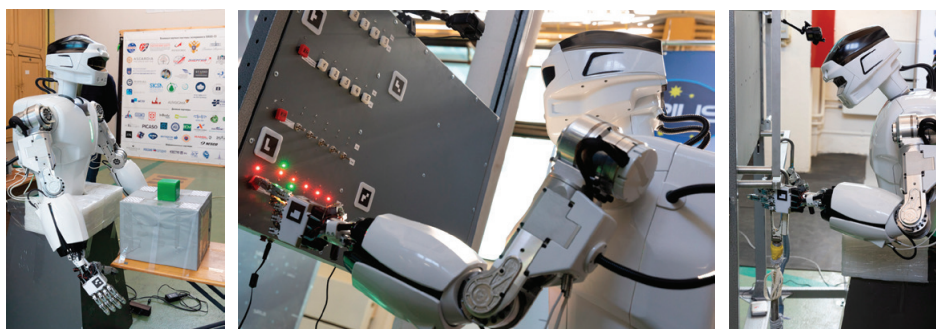


Рис. 8. Виртуальные сцены для работы с функциональными панелями для отработки групповых операций АР, совмещенным с МП



а

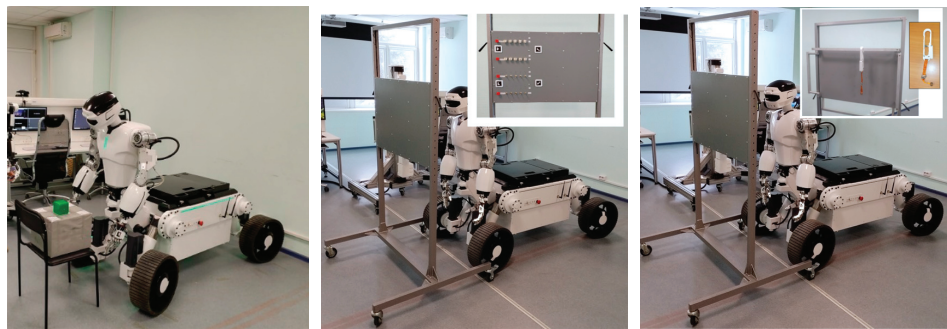
б

в

Рис. 9. ЭИ с использованием физического образца АР для отработки индивидуальных операций с роботом на тумбе:  
а – с «простыми» объектами; б – с бортовым оборудованием; в – с функциональными панелями

г) выполнение ЭИ с использованием физических образцов АР для отработки групповых операций (рис. 10):

- с «простыми» объектами;
- с функциональными панелями.



а

б

в

Рис. 10. ЭИ с использованием физических образцов АР для отработки групповых операций:

а – с «простыми» объектами; б, в – с функциональными панелями

Во время проведения ЭИ, по условиям эксперимента SIRIUS-23, была смоделирована временная задержка передачи аудио- и видеосообщений.

Для изучения механизмов адаптации человека по использованию РТС для поддержания операторской деятельности экипажей при реализации перспективных пилотируемых космических полетов в условиях изоляции в гермообъекте с искусственной средой обитания предложено провести фоновые ЭИ до и после изоляции.

По завершении практических занятий с испытуемыми, совмещенных с проведением пролонгированного отбора, было проведено фоновое (до начала изоляции) исследование операторской деятельности испытуемых по выполнению заданий по совмещенным операциям с использованием РТС как наиболее сложных из рассматриваемых.

Фоновые исследования до изоляции позволили произвести среди участников эксперимента отбор потенциально возможных операторов с наилучшими оценками операторской деятельности, которые в дальнейшем привлекались к выполнению исследования во время изоляции. Исследования показали возможность выполнения упражнения четырьмя испытуемыми.

На рис. 11–13 в качестве примера представлены результаты манипуляций по включению и выключению в заданной последовательности переключателей, размещенных на функциональной панели при этом по оси  $n$  – количество попыток;  $v_1-v_5$  – отношение общего количества попыток к количеству успешных попыток;  $t_{cp1}-t_{cp5}$  – среднее время выполнения задания операторами 1–5. Сравнение усредненного времени операторов 2–4 проводится с  $t_3$  – временем выполнения операций экспертом (оператор 1).

Результаты фоновое исследование до начала изоляции по заключительному заданию «Манипуляции по включению и выключению в заданной последовательности переключателей, размещенных на функциональной панели» показывают устойчивые операторские навыки у одного из испытуемых, двое испытуемых смогли выполнить задачу с четырьмя и двумя попытками, у третьего испытуемого успешно выполненных попыток не было (см. рис. 11). Среднее время ( $t_{ij\text{ ср}}$ ) успешного выполнения ими задач (попыток) превышает по сравнению с усредненным экспертным значением ( $t_{ij\text{ э}}$ ) более чем на 11 % (5-й испытуемый), 467 % (2-й испытуемый) и 1305 % (4-й испытуемый) соответственно. Оператором 1 успешно было выполнено 14 попыток, оператором 2 – 4 попытки, оператором 3 – 2 попытки. Кроме этого, при подготовке к исследованию обращено внимание на проявление некоторого вестибулярного дискомфорта у операторов при продолжительном использовании шлема виртуальной реальности (более 25 мин), а также рассогласованности кинематических характеристик виртуальной модели АР и ЗУКТ вследствие различия антропометрических характеристик операторов [5].

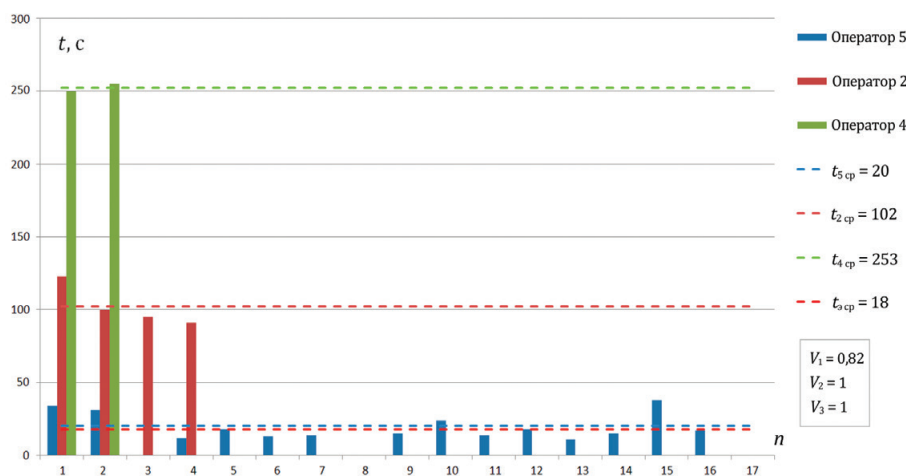


Рис. 11. Результаты фоновое исследование при выполнении задания «Манипуляции по включению и выключению в заданной последовательности переключателей, размещенных на функциональной панели» до начала изоляции

## Выполнение исследований во время изоляции

Исследования во время ИЭ SIRIUS-23 по разделу «Робототехника» выполнялись в период проведения моделируемой внекорабельной деятельности (ВКД), что соответствует и равномерному распределению исследований в годовом цикле. По сценарию предполагалась доставка и размещение НА АРМ-М УКС РТС в наземный экспериментальный комплекс до начала осуществления экипажем ВКД и его возвращение по завершении ВКД, когда экипаж покидает модуль ЭУ-50.

По результату проведенных с испытателями практических занятий и фоновых исследований с получением предварительных результатов были разработаны видеоинструкции выполнения заданий и радиogramмы, поясняющие порядок работы с НА и особенности выполнения ЭИ.

В связи с тем, что в ходе проведения ЭИ искусственно увеличилась задержка связи между испытателями и техническими специалистами до 5 мин (в одну сторону), для компенсации издержек присутствия в реальном времени сотрудников НИИ ЦПК, сопровождающих проведение эксперимента, были разработаны и переданы вместе с радиogramмами к каждому занятию дополнительные обучающие материалы. За счет того, что в данном эксперименте среди экипажа был инструктор по подготовке к данному эксперименту, была возможность дополнительного обучения испытателей непосредственно в самой изоляции и получение обратной связи из наземного экспериментального комплекса постановщикам эксперимента о проблемных вопросах как в текстовом виде (радиogramмы), так и в виде записей видеосообщений через наблюдательный пункт и передачи видеосообщений от инструктора-испытателя к специалистам НИИ ЦПК.

Анализ данных исследования во время изоляции в первом сеансе по заданию «Манипуляции по включению и выключению в заданной последовательности переключателей, размещенных на функциональной панели» при управлении виртуальным АР, установленным на виртуальном ровере, показывает более стабильное выполнение задания членами экипажа, выраженное в схожем времени выполнения операции, прослеживается тенденция уменьшения времени выполнения задания от попытки к попытке у второго, третьего и четвертого испытателя (см. рис. 12). Оператором 1 успешно было выполнено 3 попытки; оператором 2 – 3 попытки; оператором 3 – 2 попытки и оператором 4 – 4 попытки. Среднее время ( $t_{ij\text{cp}}$ ) успешного выполнения ими задач (попыток) в заданиях превысило усредненные экспертные значения ( $t_{ij\text{э}}$ ), соответственно, более чем на 49 % – 1-й испытатель, 101 % – 2-й испытатель, 176 % – 3-й испытатель и 48 % – 4-й испытатель.

Анализ данных, полученных во время изоляции в третьем сеансе (см. рис. 13), показывает улучшение качества работы, выраженное в уменьшении среднего времени выполнения операции и увеличении количества выполненных попыток (относительно фоновых показателей), что может свидетельствовать о получении устойчивых навыков выполнения данной операторской деятельности испытателями. Оператором 1 успешно было выполнено 3 попытки; оператором 2 – 3 попытки; оператором 3 – 4 попытки и оператором 4 – 4 попытки. Среднее время ( $t_{ij\text{cp}}$ ) успешного выполнения задач (попыток) в заданиях было приближенным к усредненному экспертному значению ( $t_{ij\text{э}}$ ) у оператора 3, недобрав 2 %. Среднее время ( $t_{ij\text{cp}}$ ) успешного выполнения первым, вторым и четвертым испытателями в заданиях не достигло усредненных экспертных значений ( $t_{ij\text{э}}$ ) более чем на 40, 43 и 70 % соответственно.

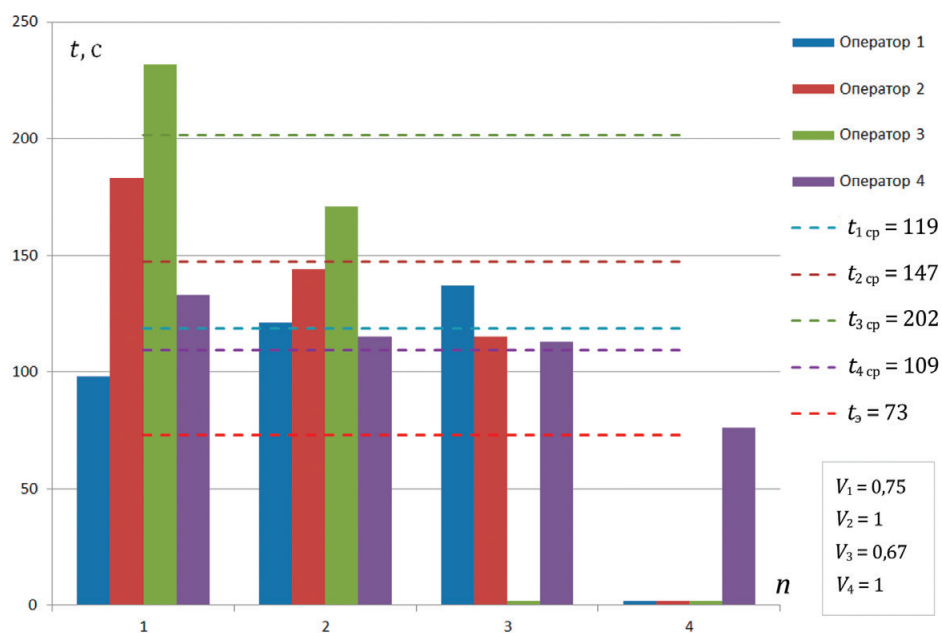


Рис. 12. Результаты фонового исследования при выполнении задания «Манипуляции по включению и выключению в заданной последовательности переключателей, размещенных на функциональной панели» во время изоляции в первом сеансе

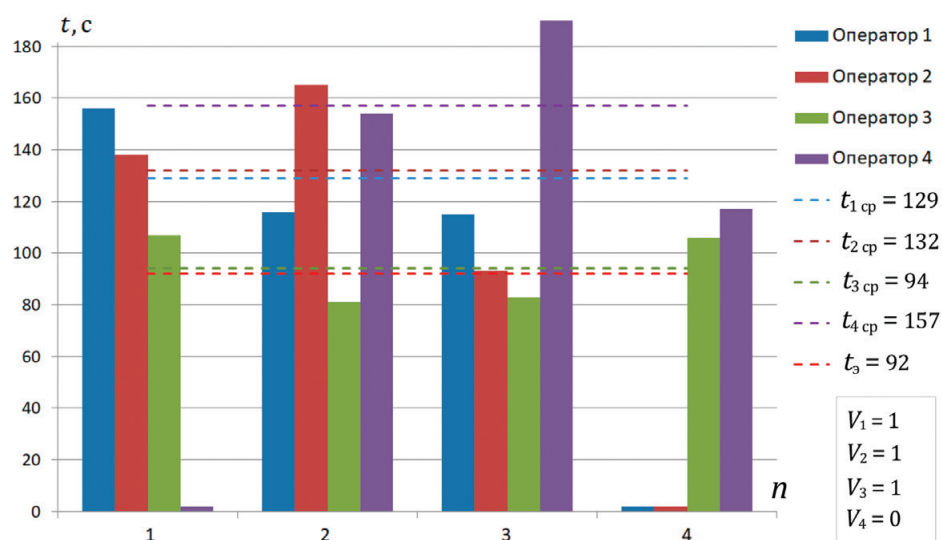


Рис. 13. Результаты фонового исследования при выполнении задания «Манипуляции по включению и выключению в заданной последовательности переключателей, размещенных на функциональной панели» во время изоляции в третьем сеансе

Результаты исследования после изоляции по заключительному заданию показали способность испытателей выполнить все задания, сложенное взаимодействие при выполнении совмещенной деятельности. Ввиду того, что каждому испытателю предоставлялась только одна попытка, оценка работы осуществлялась с позиции объективного подтверждения сохранения и устойчивости полученных навыков работы с РТС.

### **Обобщение результатов ЭИ**

В ходе проведения ЭИ получены следующие обобщенные результаты:

- приобретен опыт формирования плана-порядка выполнения ЭИ группой испытателей с учетом ротации и обеспечения выполнения всех задач во всех ролях в условиях ограниченного времени;
- разработаны и апробированы методические рекомендации по выполнению задач использования КРТиС, что является заделом для формирования методик для подготовки космонавтов по управлению РТС в реализации перспективных пилотируемых космических программ;
- приобретен опыт проведения дистанционной подготовки испытателей с временной задержкой связи при выполнении испытателями ЭИ по использованию КРТиС;
- получены статистические отчеты от испытателей о проведенном сеансе ЭИ по использованию РТС для последующей детальной обработки;
- получены видеоматериалы, сохраненные в базе данных ЭИ, по обработке индивидуальных операций АР с «простыми» объектами и бортовым оборудованием с использованием виртуальных моделей АР и АР, совмещенного с мобильной платформой;
- созданы видеоматериалы эталонного выполнения индивидуальных операций АР с «простыми» объектами и бортовым оборудованием с использованием виртуальных моделей АР и АР, совмещенного с мобильной платформой;
- получены видеоматериалы процесса выполнения испытателями управления физическим прототипом АР, что может быть полезным для последующего анализа выполнения работы группой, выдачи рекомендаций по улучшению взаимодействия между испытателями, а также по модернизации конструкции управляющих систем и специализированного программного обеспечения;
- выявлено, по косвенным признакам, ориентировочное допустимое время непрерывной работы оператора в шлеме виртуальной реальности при управлении манипуляционной системой антропоморфного типа, получены рекомендации к совершенствованию НА, в частности системы управления виртуальной и реальной РТС;
- апробирована технология дистанционного обучения экипажа в длительном межпланетном перелете.

## Выводы

1. В результате проведения исследований получены экспериментальные данные проведения изоляционного эксперимента, дополнена база данных норм времени выполнения выбранных для ЭИ сценариев опытными специалистами (сотрудники НИИ ЦПК) с учетом опыта работы с испытуемыми в эксперименте SIRIUS-21. Полученные данные могут быть использованы для дальнейших исследований в качестве расчетной базы, а также для последующей обработки с критериями, отличными от критериев в данных исследованиях.

2. В процессе выполнения исследований проанализированы механизмы адаптации человека по использованию КРТиС для поддержания операторской деятельности экипажей при реализации перспективных пилотируемых космических программ в условиях изоляции в гермообъекте с искусственной средой обитания. Выявлена адаптация испытуемых к работе с научным оборудованием и установлена положительная динамика при условии соблюдения методических рекомендаций.

3. Проведены исследования потенциальных особенностей использования КРТиС для поддержания операторской деятельности экипажей при реализации перспективных пилотируемых космических программ при моделировании отдельного фактора космического полета в условиях длительной изоляции.

4. Отработана технология дистанционного обучения экипажа в разделе «Робототехника» в длительном межпланетном перелете с учетом задействования роли испытателя «Инструктор операторов».

5. Получены и обработаны экспериментальные данные по оценке динамики изменения качества выполнения (до, во время и после изоляции) операторской деятельности членов экипажа с использованием КРТиС в условиях изоляции длительной космической экспедиции.

6. Отработанная программа и методика подготовки операторов экипажа при управлении РТС является научно-методическим заделом для подготовки космонавтов при проведении целевой работы «Теледроид» [8] и других космических экспериментов на МКС и РОС.

## ЛИТЕРАТУРА

1. ИМБП РАН. IV этап проекта «SIRIUS» / SIRIUS.ru: [сайт]. – URL: <http://sirius.imbp.ru/> (Дата обращения: 24.03.2025).
2. Об обеспечении коллаборации космонавтов с робототехническими системами для перспективных пилотируемых космических полетов / В.А. Дикарев, А.Н. Симбаев, А.Ю. Кикина, Д.А. Петелин [и др.] // Пилотируемые полеты в космос. – 2024. – № 4(53). – С. 36–47.
3. Исследование возможностей использования робототехнических систем для поддержания операторской деятельности экипажей и формирования экосистемы/микроклимата сотрудничества / В.А. Дикарев, В.И. Дубинин, А.Н. Симбаев, А.Ю. Кикина [и др.] // Пилотируемые полеты в космос. – 2023. – № 2(47). – С. 15–31.

4. Возможности и некоторые направления использования универсального компьютерного стенда робототехнических систем после проведенной модернизации / В.А. Дикарев, А.Н. Симбаев, Ю.С. Чеботарев, И.А. Буковская // Пилотируемые полеты в космос. – 2025. – № 2(55). – С. 94–107.
5. Проблема обеспечения соответствия кинематических характеристик исполнительных и задающих устройств антропоморфных робототехнических систем для перспективных пилотируемых космических программ / В.А. Дикарев, А.Н. Симбаев, А.Ю. Кикина [и др.] // Пилотируемые полеты в космос. – 2022. – № 4(45). – С. 54–71.
6. Исследования особенностей выполнения космонавтами совместной операторской деятельности по применению антропоморфного робота совмещенного с мобильной платформой в режиме телеуправления в длительных космических экспедициях / В.А. Дикарев, А.Н. Симбаев, А.Ю. Кикина, Ю.С. Чеботарев [и др.] // Экстремальная робототехника. – 2024. – № 1(35). – С. 359–361.
7. Опыт проведения экспериментальных исследований «SIRIUS-21» по направлению «Космическая робототехника» в проекции на продолжение исследований в изоляционном эксперименте «SIRIUS-23» / В.А. Дикарев, А.Н. Симбаев, Ю.С. Чеботарев, А.Ю. Кикина [и др.] // Материалы 58-х научных чтений, посвященных разработке научного наследия и развитию идей К.Э. Циолковского (Калуга, 18–21 сентября 2023 г.). Ч. 2. – Калуга: ИП Стрельцов, 2023. – С. 221–225.
8. Теледройд: эксперимент // Tsniimash.ru: [сайт]. – URL: <https://tsniimash.ru/science/scientific-experiments-onboard-the-is-rs/cnts/experiments/teledroid/> (Дата обращения 16.05.2022).

## REFERENCES

1. IMBP RAS. IV Stage of the SIRIUS Project // SIRIUS.ru: [website]. – URL: <http://sirius.imbp.ru/> / date of request: 03/24/2025.
2. On Ensuring the Collaboration of Astronauts With Robotic Systems for Promising Manned Space Flights / V.A. Dikarev, A.N. Simbaev, A.Yu. Kikina, D.A. Petelin [et al.] // Manned Spaceflight. – 2024. – No 4(53). – P. 36–47.
3. Investigation of the Possibilities of Using Robotic Systems to Support Crew Operations and Create an Eco-System/Microclimate of Cooperation / V.A. Dikarev, V.I. Dubinin, A.N. Simbaev, A.Yu. Kikina [et al.] // Manned Spaceflight. – 2023. – No 2(47). – P. 15–31.
4. Possibilities and Some Directions of Using the Universal Computer Stand of Robotic Systems After Modernization / V.A. Dikarev, A.N. Simbaev, Yu.S. Chebotarev, I.A. Bukovskaya // Manned Spaceflight. – 2025. – No 2(55). – P. 94–107.
5. The Problem of Ensuring Compliance of Kinematic Characteristics of Executive and Control Devices of Anthropomorphic Robotic Systems for Promising Manned Space Programs / V.A. Dikarev, A.N. Simbaev, A.Yu. Kikina [et al.] // Manned Spaceflight. – 2022. – No 4(45). – P. 54–71.
6. Studies of the Features of Cosmonauts Performing Joint Operational Activities on the use of an Anthropomorphic Robot Combined With a Mobile Platform in Remote Control Mode in Long-Term Space Expeditions / V.A. Dikarev, A.N. Simbaev, A.Yu. Kikina, Yu.S. Chebotarev [et al.] // Extreme Robotics. – 2024. – No 1(35). – P. 359–361.
7. The Experience of Conducting SIRIUS-21 Experimental Research in the Field of “Space robotics” in the Projection for the Continuation of Research in the SIRIUS-23 Isolation Experiment / V.A. Dikarev, A.N. Simbaev, Yu.S. Chebotarev, A.Y. Kikina [et al.] // Materials of the 58th Scientific Readings Devoted to the Development of the Scientific Heritage and the Development of K.E. Tsiolkovsky’s Ideas (Kaluga, September 18–21, 2023). Part 2. – Kaluga: IE Streltsov, 2023. – P. 221–225.
8. Teledroid: an Experiment // Tsniimash.ru: [website]. – URL: <https://tsniimash.ru/science/scientific-experiments-onboard-the-is-rs/cnts/experiments/teledroid/> (Accessed 05/16/2022).