

Психология труда, инженерная психология, когнитивная эргономика

Научная статья
Статья в открытом доступе
УДК 331.101.1: 001.891
doi: 10.30987/2658-4026-2025-1-69-76

Эргодизайн жилого модуля Российской орбитальной станции

Екатерина Алексеевна Будянская¹, Мария Сергеевна Кухта^{2✉}

¹Томский политехнический университет, аспирант, Томская область, Томск, Россия,

²Томский политехнический университет, Инженерная школа информационных технологий и робототехники, доктор философских наук, профессор, Томская область, Томск, Россия

¹ kkbudyanskaya@gmail.com

² kuhta@tpu.ru

Аннотация.

В данной работе проанализированы жилые модули Российской орбитальной станции (РОС). На основе изученных научных исследований выявлены основные физиологические, психические и эмоциональные проблемы космонавтов в условиях длительных полетов. Авторами статьи предложены принципы комплексного подхода к решению эргономических задач в условиях космических модулей.

Показано что, исследование космического пространства является перспективной проблемой для всего человечества, при этом следует учесть временные промежутки пребывания человека в космосе, которые будут увеличиваться. Полеты за пределы околоземного пространства будут значительно превышать длительность текущих миссий космонавтов. Своевременное изучение проблемы длительного нахождения человека в космосе потребует сотрудничества учёных космических корпораций со специалистами по эргономическому проектированию систем «человек-машина-среда».

Разработанные и предложенные принципы эргономических и дизайнерских решений для жилого модуля Российской орбитальной станции в условиях длительного воздействия микрогравитации могут стать одним из этапов плодотворного сотрудничества учёных космических корпораций с молодыми исследователями в сфере эргодизайна.

Ключевые слова: эргономика, микрогравитация, дизайн-проектирование, космическая станция, космос, Российская орбитальная станция (РОС)

Для цитирования: Будянская Е.А., Кухта М.С. Эргодизайн жилого модуля Российской орбитальной станции // Эргодизайн. 2025. №1 (27). С. 69-76. <http://dx.doi.org/10.30987/2658-4026-2025-1-69-76>.

Original article
Open access article

Ergonomic Design of the Russian Orbital Station's Habitable Module

Ekaterina A. Budyanskaya¹, Maria S. Kukhta^{2✉}

¹National Research Tomsk Polytechnic University, postgraduate student, the Tomsk region, Tomsk, Russia,

²National Research Tomsk Polytechnic University, Engineering School of Information Technology and Robotics, Doctor of Philosphic Sciences, Professor, the Tomsk region, Tomsk, Russia

¹ kkbudyanskaya@gmail.com

² kuhta@tpu.ru

Abstract.

This paper analyzes the habitable modules of the Russian Orbital Station (ROS); identifies astronauts' main physiological, mental and emotional problems in conditions of long-term flight based on the studied scientific works. The authors propose principles of an integrated approach to solving ergonomic problems in the conditions of space modules.

The paper stresses that space exploration is a promising problem for all humanity, while it is necessary to take into account the time intervals of human stay in space, which will increase. Flights beyond near-Earth space will significantly exceed the duration of current astronaut missions. Timely study of the problem of long-term human stay in space will require cooperation between scientists from space corporations and specialists in ergonomic design of "man-machine-environment" systems.

The developed and proposed principles of ergonomic and design solutions for the residential module of the Russian Orbital Station in conditions of long-term exposure to microgravity can become one of the stages of fruitful cooperation between scientists from space corporations and young researchers in the field of ergodesign.

Keywords: ergonomics, microgravity, design engineering, space station, space, Russian Orbital Station (ROS)

For citation: Budyanskaya E.A, Kuhta M.S. Ergonomic Design of the Russian Orbital Station's Habitable Module. Ergodizayn [Ergodesign]. 2025;1(27):69-76. Doi: 10.30987/2658-4026-2025-1-69-76.

Введение

Космос является экстремальной и непривычной средой для пребывания человека, вследствие чего встает вопрос о необходимости создания безопасных и эргономичных условий, которые помогут astronautам сохранить здоровье и продуктивность в течение всей миссии. Одним из ключевых аспектов эргодизайна в космосе является обеспечение адаптации к гравитационным условиям: важно создавать особые условия, которые будут способствовать сохранению физического и психоэмоционального здоровья astronautов. В условиях длительной изоляции и ограниченных возможностей общения с внешним миром, создание комфортной и стимулирующей среды может значительно повлиять на психическое состояние членов экипажа.

Одной из основных проблем данного исследования является то, что проектирование внутреннего устройства жилого модуля космической станции в наибольшей степени ориентировано на ее технический функционал, чем на длительное нахождение человека внутри.

В 2020 космическая корпорация «Энергия» сделала заявление о том, что в российском сегменте Международной космической станции некоторые из модулей изношены, вследствие чего, после 2025 года начнется постепенный выход из строя частей российского сегмента МКС,

Данное заявление стало ключевым фактором для подписания в 2022 году контракта на проектирование самостоятельной Российской орбитальной станции.

При разработке проекта отечественной станции следует особое внимание обратить на эргономику пространства, так как создание комфортных условий при длительном нахождении в космосе позволит сохранить

здоровье членов экипажа, а также поможет сохранить их продуктивность на протяжении всей миссии.

Влияние микрогравитации на психофизиологическое состояние человека рассмотрены во многих научных трудах.

Так, Мунипов В.М., Зинченко В.П. [4], исследуют ориентированное на человека проектирование техники, Куклина А.В., Кухта М.С. [2] рассматривают вопросы влияния микрогравитации на физиологическое и психологическое состояние человека, Мясников В.М., Степанова С.И. [1] выявляют факторы риска развития психической астенизации у космонавтов в длительном полете.

Цель данной работы: выявлении основных психофизиологических проблем, возникающих у человека при длительном пребывании в условиях микрогравитации и закрытом пространстве; разработка принципов эргономических и дизайнерских решений для жилого модуля РОС.

Решение обозначенных целей позволит обеспечить комфортное нахождение космонавтов на новой Российской станции и повысит эффективность выполнения поставленных задач.

В данном исследовании применялся метод системного анализа и компаративный метод.

1. Российская орбитальная станция: жилые модули РОС

Космическая корпорация представила эскизный проект. Согласно вышеуказанным статьям, орбитальная станция будет сочетать в себе семь модулей [5] (рис.1): узловой модуль, шлюзовой модуль, базовый или научно-энергетический модуль (НЭМ), целевой производственный модуль, модуль материального обеспечения, коммерческий модуль, платформа-модуль для обслуживания космических аппаратов.

Каюты планируется располагать в двух из семи модулей станции – базовом (НЭМ) (рис.2) и коммерческом модулях (рис.3) [5].

В настоящей статье рассмотрены модули, в которых планируется размещение кают для

членов экипажа, так как они представляют интерес с точки зрения эргодизайна и обустройства пространства станции.



Рис. 1. Схема целевых модулей РОСС, изображение РКК «Энергия»/РИА Новости
Fig. 1. Scheme of ROS target modules, image of RRS Energia/RIA News

Базовый модуль (научно-энергетический модуль) станции планируют вывести на орбиту после 2025 года. Целью создания базового модуля является обеспечение осовы и функционирования станции. Через данный

модуль будут решаться различные задачи, такие как управление станцией, обеспечение электроэнергией, обеспечение связи, размещение кают экипажа, хранение топлива и др. (рис.2) [5].



Рис. 2. Схема базового модуля РОСС, изображение РКК «Энергия»/РИА Новости
Fig. 2. Scheme of the ROS base module, image of RRS «Energia»/RIA News

Коммерческий модуль создается с целью коммерциализации космической деятельности. Основными задачами данного модуля являются создание зон для комфортного размещения непрофессиональных участников полета,

обеспечение участников полета средствами соц. коммуникации, размещение коммерческой целевой аппаратуры. Внутри планируется размещение до четырех человек [5] (рис.3).



Рис. 3. Схема коммерческого модуля РОС, изображение РКК «Энергия»/РИА Новости
Fig. 3. Scheme of the ROS commercial module, image of of RRS «Energia»/RIA News

Согласно позиции «Роскосмос» и «Энергия», модульная архитектура РОС позволяет производить почти неограниченное число модулей, что позволит решать различные целевые задачи Государства.

Кроме того, возможна не только интеграции модуля в основу конструкции станции, но и создание отдельно летящего обслуживаемого модуля. (рис.4).

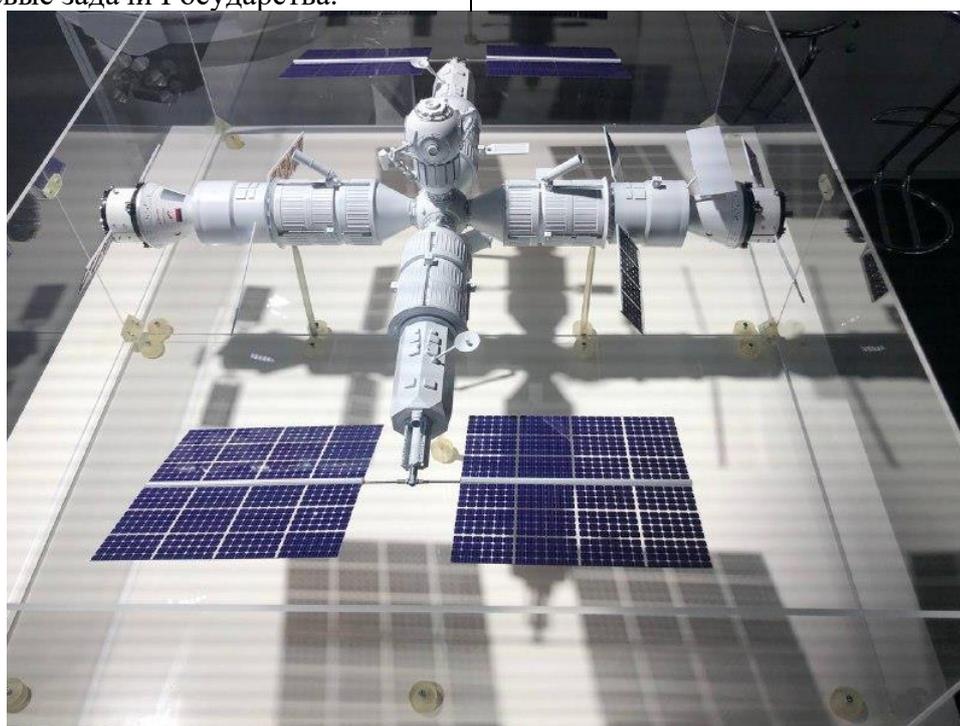


Рис.4. Архитектура РОС, изображение «Роскосмос»
Fig.4. The architecture ROS, image of «Roscosmos»

2. Физиологические, психические и эмоциональные проблемы космонавтов в условиях длительных полетов

Воздействие микрогравитации на психофизиологическое состояние человека, риски развития психической астенизации в условиях продолжительного полета, а также проблемы космической эргономики являются

ключевой проблемой в условиях активного освоения космоса и второй лунной гонки, участником которой является Россия.

Во время полета космонавтов сопровождает воздействие ряда неблагоприятных факторов: внешних и внутренних [6], [7], (табл.1).

Таблица 1.

Внешние и внутренние неблагоприятные факторы, влияющие на космонавтов в условиях длительных полетов

Table 1.

External and internal adverse factors affecting astronauts during long-term flights

Внешние факторы	Внутренние факторы
Вибрации	Новизна обстановки
Перегрузки	Ответственность за исход полета
Микрогравитация	Ограничение общения
Шумы	Одиночество
Ограничение подвижности	Принудительный порядок работы
Замкнутое/ограниченное пространство	Дефицит разнообразия досуга
Дефицит/избыток времени и информации	Ограничение общения с близкими
Радиация	Дефицит информации с Земли
Повторяемость формализованных операций	Работа по жесткому графику

Вышеупомянутые неблагоприятные факторы, воздействующие на космонавтов, создают проблемы, с которыми сталкиваются космонавты в условиях длительного

нахождения человека в невесомости, - физиологические и психо-эмоциональные проблемы [1,2] (табл.2).

Таблица 2.

Физиологические и психо-эмоциональные проблемы космонавтов в условиях длительных полетов

Table 2.

Physiological and psycho-emotional problems of astronauts during long-term flights

Физиологические проблемы	Психо-эмоциональные проблемы
Синдром космической адаптации	Конфликты внутри экипажа
Снижение остроты зрения	Тревога
Снижение способности к передвижению	Гнев
Нарушение координации	Страх
Увеличение роста (около 3%)	Астенический синдром
Атрофия мышц	Эмоциональная напряженность
Нарушение циркадного ритма	Снижение мотивации
Потеря ориентации в пространстве	Депривация сна
Слабость, утомляемость	Раздражительность
Отсутствие привычной гигиены	Снижение концентрации и внимания

Сегодня отсутствует комплексный подход к вопросам эргономического дизайн-проектирования модулей станции. Вышеуказанный комплексный подход помог бы спроектировать такое пространство, в котором даже при условии длительного полета и долгого воздействия микрогравитации, члены экипажа могли сохранять физическое и психическое здоровье

и наиболее эффективно выполнять поставленные задачи.

На данном этапе проектирования, основное внимание при разработке и проектировании станции уделяется ее технической стороне.

Обустройство российского сегмента МКС практически повторяет те проекты, которые разработала Балашова Г., создавшая интерьеры советских космических кораблей и

орбитальных станций, такие как "Союз", "Салют" и "Мира".

Однако, в условиях современного быстро развивающегося мира прошлым проектам необходима актуализация и современные технологии. Вместе с тем, необходимо решать задачи по эрго-дизайну жилых модулей проектируемой станции.

В 2023 году студенты РГХПУ им. С.Г. Строганова представили на защиту дизайн-проект станции, который разрабатывали совместно с «Роскосмос», РКК «Энергия». Студенты представили на защиту дизайн-проект интерьера одного из модулей (рис.5).

Задачу по вышеуказанному дизайн-проекту студентам поставили "Роскосмос" и РКК "Энергия", данный факт подтверждает актуальность работы над жилым пространством и улучшением эргономических и дизайнерских решений жилых модулей. Студенты занимались проектированием, жилой зоной (согласно проекту, у космонавтов будет стол, велотренажер, беговая дорожка) и зоной наблюдений.

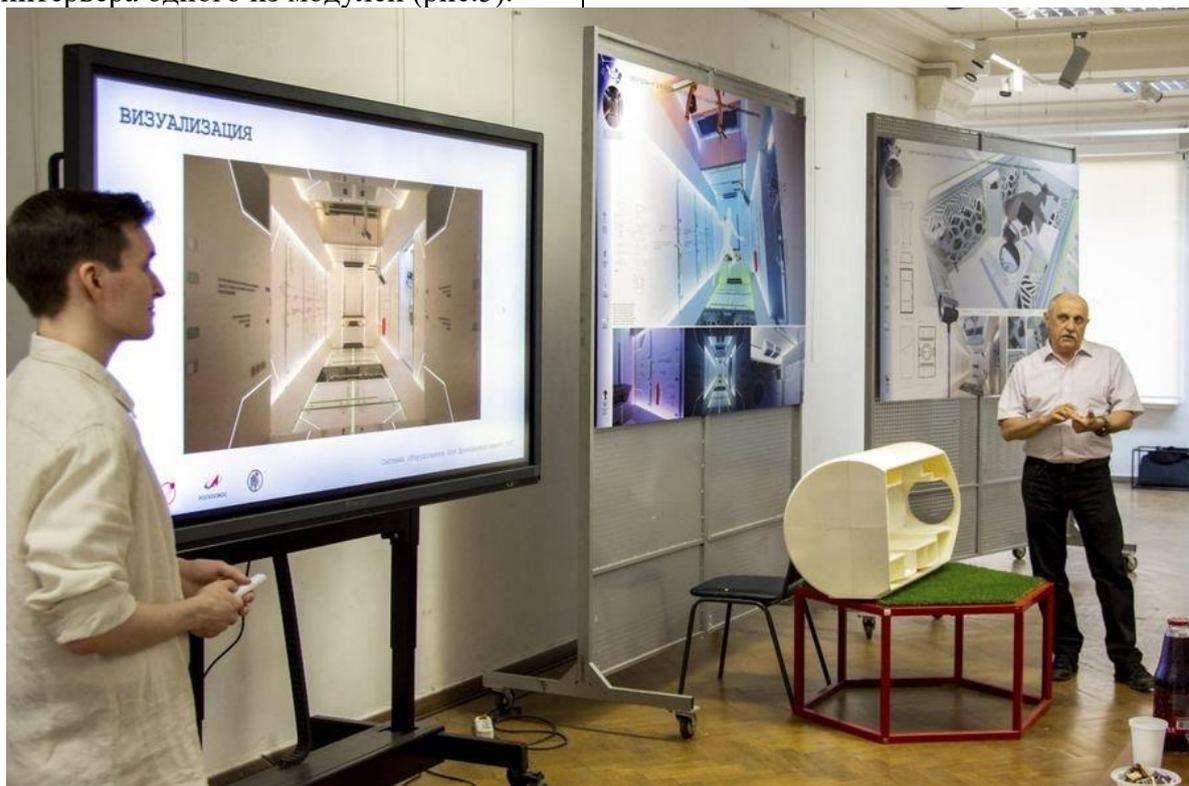


Рис. 5. Студенты университета им. С.Г. Строганова, защита проекта
Fig. 5. Students of S.G. Stroganov University, project defense

Заключение

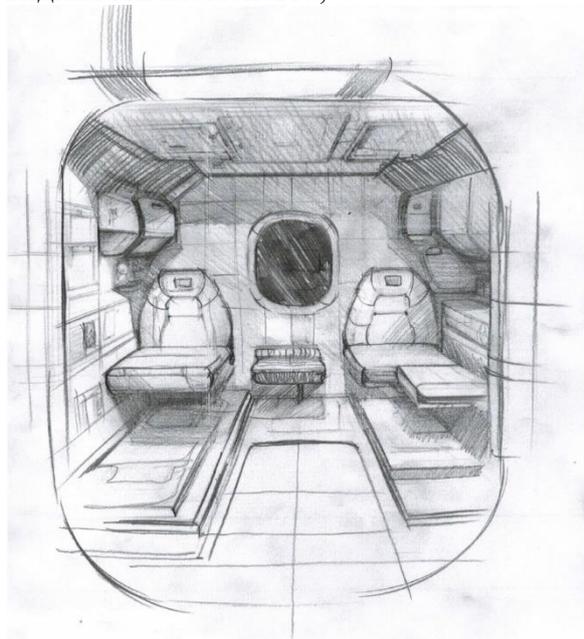
Учитывая вышеупомянутые основные проблемы в условиях длительного воздействия микрогравитации, выявляются следующие принципы эргономических и дизайнерских решений для жилого модуля РОС:

- Максимальное использование стен и потолка модуля для жилых целей;
- Разработка кают для одного и двух человек;
- Использование специальных креплений для космонавтов спальных мешков в горизонтальном положении;
- Четкое разграничение верха и низа для удобства ориентации;

- Использование различных способов крепления предметов и перемещения космонавтов;
- Индивидуальное цветовое решение каждого блока жилого модуля в зависимости от его предназначения;
- Создание различных световых и звуковых сценариев в модулях станции;
- Совместная работа дизайнеров и инженеров;
- Разделение функциональных зон;
- Наличие зоны приема пищи, санитарного узла в каждом жилом блоке;
- Обеспечение достаточного количества тренажеров для ежедневных тренировок космонавтов не менее двух часов в день;
- Наличие помещений для эмоциональной разгрузки в жилых модулях

для предотвращения психического утомления космонавтов;

- Создание условий временного воздействия света и темноты для выравнивания циркадных ритмов;
- Учет при проектировании нейтрального положения тела космонавта;
- Учет при проектировании смещения зоны видимости космонавта;



- Создание пространства с целью уменьшения многозадачности для космонавтов;
- Размещение достаточного количества ориентиров в жилом модуле;
- Учет статического и динамического положений космонавтов при проектировании.

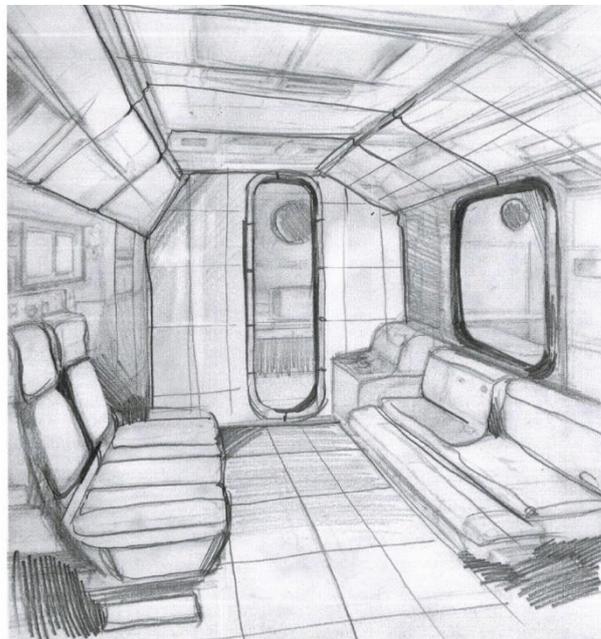


Рис. 6. Эскизирование на тему жилого модуля РОС, автор – Будянская Е.А.

Fig. 6. Sketching on the theme of the ROS residential module, author – E.A. Budyanskaya

Исходя из вышеизложенного, в космической эргономике аккумулируются результаты эргономических исследований, ставятся новые задачи. Человекоориентированное проектирование жилых и рабочих модулей РОС необходимо для наиболее безопасного пребывания в условиях длительного воздействия микрогравитации и для улучшения выполнения поставленных задач.

Наилучшие результаты в проектировании жилых модулей Российской орбитальной станции будут достигнуты при

сотрудничестве космических корпораций и специалистов по эргономике.

Исследование космического пространства является ключевой задачей для всего человечества, с развитием этой области временные промежутки пребывания человека в космосе будут увеличиваться. Полеты за пределы околоземного пространства будут значительно превышать длительность текущих миссий космонавтов. Своевременное изучение вопроса длительного нахождения человека в космосе обеспечит России необходимые знания и опыт для успешного соперничества в освоении космоса.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Мясников В.И., Степанова С.И. Факторы риска развития психической астенизации у космонавтов в длительном полете // Вестник Томского государственного педагогического университета (Tomsk State Pedagogical University Bulletin). 2002. Вып. 3 (31). С. 9-18.
2. Куклина А.В., Кухта М.С. Особенности влияния микрогравитации на физиологическое и психологическое состояние человека // Эргодизайн. 2023. №1 (19). С. 62-68. DOI 10.30987/2658-4026-2023-1-62-68. EDN XXHUAА.

REFERENCES

1. Myasnikov V.I., Stepanova S.I. Risk Factors for Developing Neuro-Psychic Asthenia With an Astronaut During a Lengthy Space Flight. Tomsk State Pedagogical University Bulletin. 2002;3(31):9-18.
2. Kuklina A.V., Kukhta M.S. Features of the Microgravity Impact on the Person's Physiological and Psychological State. Ergodesign. 2023;1(19):62-68. DOI 10.30987/2658-4026-2023-1-62-68.

3. **Мунипов В.М., Зинченко В.П.** Эргономика: человекоориентированное проектирование техники, программных средств и среды: Учебник. М.: Логос, 2001. 356 с. ISBN 5-94010-043-0.
4. «Роскосмос» [Электронный ресурс]. URL: <https://www.roscosmos.ru/#> (дата обращения 20.11.2024).
5. **Григорьев А.И., Бугров С.А., Богомолов В.В. и др.** Обзор медицинских результатов годового полета на станции «Мир» // Космическая биология и авиакосмическая медицина. 1990. Т. 24. № 4. С. 3-11.
6. **Мойзер Ф.** Галина Балашова. Архитектор советской космической программы / Филипп Мойзер; пер. с нем. Антона Братишко и Ирины Бушуевой. Берлин: DOM Publishers, 2018. 192 с. ISBN 9783869225456.
7. **Аким Э.А., Энеев Т.М.** Определение параметров движения КЛА по данным траекторных измерений // Космические исследования. 1963. Т.1. № 1. С. 5-50.
8. **Pengyan L., Dang Zh., Long X., Yuan L.** Human Ergonomics Study in Microgravity Environment. MATEC Web Conf. 2018;221:4-10. DOI 10.1051/mateconf/201822104010.
9. **Van Ombergen A., Demertzi A., Tomilovskaya E. [et al.]** The effect of spaceflight and microgravity on the human brain. Journal of Neurology. 2017;264:18-22. DOI [10.1007/s00415-017-8427-x](https://doi.org/10.1007/s00415-017-8427-x).
10. **Jiang A., Yao X., Schlacht I.L., Musso G., Tang T., Westland S.** Habitability experiment for the space station's colour design. Proceedings of the International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics. 2020:507-514. DOI 10.1007/978-3-030-50943-9_6.

Информация об авторах:

Будянская Екатерина Алексеевна – аспирант, идентификационные номера автора: Elibrary AuthorID: 1265610, SPIN-код: 6410-1655

Кухта Мария Сергеевна – профессор ВАК по кафедре Дизайна, доктор философских наук, профессор Отделения автоматизации и робототехники Инженерной школы новых производственных технологий Томского политехнического университета, член Союза Дизайнеров России, тел. 8 913 107 51 24, идентификационные номера автора: SCOPUS Author ID: 56378125000, Web of Science ResearcherID: AAE6735-2019, Elibrary AuthorID:129643, SPIN-код: 6730-0249

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 03.12.2024; одобрена после рецензирования 10.12.2024; принята к публикации 11.12.2024. Рецензент – Спасенников В.В., доктор психологических наук, профессор Брянского государственного технического университета, главный редактор журнала «Эргодизайн»

The paper was submitted for publication on the 03rd of December, 2024; approved after the peer review on the 10th of December, 2024; accepted for publication on the 11th of December, 2024. Reviewer – Spasennikov V.V. – Doctor of Psychology, Professor of Bryansk State Technical University, Editor-in-Chief of the journal “Ergodesign”.

3. **Munipov V.M., Zinchenko V.P.** Ergonomics: Human-Oriented Design of Equipment, Software and Environment. Moscow: Logos; 2001. 356 p.

4. **Roskosmos** [Internet] [cited 2024 Nov 20]. Available from: <https://www.roscosmos.ru/#>

5. **Grigoriev A.I., Bugrov S.A., Bogomolov V.V., et al.** Review of Medical Results of the Annual Flight on the Mir Station. Space Biology and Aerospace Medicine. 1990;24(4):3-11.

6. **Moiser F.** Galina Balashova. Architect of the Soviet Space Program. Bratishko A, Bushueva I, translators. Berlin: DOM Publishers; 2018. 192 p.

7. **Akim E.A., Eneev T.M.** Determination of Motion Parameters of Spacecraft by Trajectory Measurements Data. Space Research. 1963;1(1):5-50.

8. **Pengyan L., Dang Zh., Long X., Yuan L.** Human Ergonomics Study in Microgravity Environment. MATEC Web Conf. 2018;221:4-10. DOI 10.1051/mateconf/201822104010.

9. **Van Ombergen A, Demertzi A, Tomilovskaya E, et al.** The Effect of Spaceflight and Microgravity on the Human Brain. Journal of Neurology. 2017;264:18-22. DOI [10.1007/s00415-017-8427-x](https://doi.org/10.1007/s00415-017-8427-x).

10. **Jiang A, Yao X, Schlacht IL, Musso G, Tang T, Westland S.** Habitability Experiment for the Space Station's Colour Design. Proceedings of the International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics. 2020:507-514. DOI 10.1007/978-3-030-50943-9_6.

Information about the authors:

Budyanskaya Ekaterina Alekseevna – postgraduate student, the author's identification numbers: Elibrary AuthorID: 1265610, SPIN-code: 6410-1655

Kukhta Maria Sergeevna – Professor of the Higher Attestation Commission at the Department of Design, Doctor of Philosophical Science, Professor at the Department of Automation and Robotics of the Engineering School of New Manufacturing Technologies of National Research Tomsk Polytechnic University, member of the Union of Designers of Russia, ph. 8-913-107-51-24, the author's identification numbers: SCOPUS Author ID: 56378125000, Web of Science ResearcherID: AAE6735-2019, Elibrary AuthorID: 129643, SPIN-code: 6730-0249