

Научная статья  
УДК 747.012  
EDN AIRYSW  
doi 10.34216/2587-6147-2024-1-63-52-57

Алина Викторовна Куклина<sup>1</sup>

Мария Сергеевна Кухта<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

<sup>1</sup> 20108912@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1804-7475>

<sup>2</sup> kuhta@tpu.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8643-785X>

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ ПРЕДПОСЫЛОК К ПОЯВЛЕНИЮ ТЕРМИНА «КОСМИЧЕСКАЯ ЭРГОНОМИКА»

**Аннотация.** В статье рассмотрены основные причины формирования космической эргономики как обособленной научной дисциплины, так как используемые знания по организации деятельности человека в окружающей его техносфере на Земле существенно отличаются от предметной среды в условиях космического пространства. Состояние невесомости диктует не только новые правила в эргономике, но и ведет к разработке уникальных дизайн-решений для комфортного пребывания человека в космической среде. Космическая эргономика изучает закономерности процессов жизнедеятельности человека в условиях космического полета. Показано, что разработка эргонометрических требований к условиям обеспечения профессиональной деятельности человека в космической среде является важным фактором для успешного проведения космических исследований. Требования включают в себя системы жизнеобеспечения, безопасности, разработку научного и бытового оборудования, дизайна окружающего пространства, а также учет психологических особенностей работы космонавтов.

**Ключевые слова:** эргономика, дизайн среды, космонавтика, невесомость, профессиональная среда, система, оборудование, техника, авиация

**Для цитирования:** Куклина А. В., Кухта М. С. Определение основных предпосылок к появлению термина «космическая эргономика» // Технологии и качество. 2024. № 1(63). С. 52–57. <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2024-1-63-52-57>.

Original article

Alina V. Kuklina<sup>1</sup>

Maria S. Kukhta<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Tomsk Polytechnic University, Tomsk, Russia

## DEFINITION OF THE MAIN PREREQUISITES FOR THE EMERGENCE OF THE TERM “SPACE ERGONOMICS”

**Abstract.** The article discusses the main reasons for the formation of space ergonomics as a separate scientific discipline, since the knowledge used on the organisation of human activity in the surrounding technosphere on Earth differs significantly from the subject environment in outer space. The state of weightlessness dictates not only new rules in ergonomics, but also leads to the development of unique design solutions for a comfortable human stay in the space environment. Space ergonomics studies the laws of human life processes in the conditions of space flight. It is shown that the development of ergonomic requirements for the conditions of human professional activity in the space environment is an important factor for successful space exploration. The requirements include life support systems, safety, development of scientific and household equipment, design of the surrounding space, as well as consideration of psychological features of cosmonauts' work.

**Keywords:** ergonomics, environmental design, cosmonautics, weightlessness, professional environment, system, equipment, machinery, aviation

**For citation:** Kuklina A. V., Kukhta M. S. Definition of the main prerequisites for the emergence of the term “space ergonomics”. Technologies & Quality. 2024. No 1(63). P. 52–57. (In Russ.) <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2024-1-63-52-57>.

© Куклина А. В., Кухта М. С., 2024

С момента первого полета человека в космос в 1961 году развитие космических технологий стало одной из приоритетных задач научно-технического прогресса. Однако, как и в любой области технической деятельности, важнейшей составляющей является человек – его работоспособность, безопасность и обеспечение комфорта. Именно поэтому научно-исследовательские учреждения по всему миру начали заниматься проблемами человеческого фактора в космической отрасли. Таким образом и появилась наука, которая занимается изучением взаимодействия человека и космической среды – космическая эргономика. Целью данной работы является выявление основных условий формирования космической эргономики как отдельной научной дисциплины.

Эргономика возникла на стыке наук о человеке и технике и была создана лишь после Второй мировой войны, ее развитие началось с модернизации военной техники. В 60-е годы XX века эргономика стала актуальна в разработке транспортных средств, производственного оборудования и космической техники [1]. Эргономика как междисциплинарная наука не пытается занять главенствующее положение в процессе создания технической среды, а выделяет ряд вопросов, решение которых проводится с помощью определенных компетентных отраслей знаний. В результате исследований создаются эргономические требования и стандарты, которые ограничивают допустимые вариации условий деятельности человека в технической системе [2–4].

При проектировании первых космических кораблей многие элементы были заимствованы из авиационной сферы, так как она является самой родственной областью техники для космонавтики. Компетенции и опыт авиаконструкторов помогли ускорить формирование подхода к разработке космической техники. Также стоит отметить, что первыми космическими исследователями были профессиональные летчики, так как большинство конструкторских и дизайнерских решений были взяты из авиационной сферы как наиболее привычные и понятные для будущих исследователей неизведанного космического пространства. Данный шаг был необходим в первую очередь для психологического комфорта космонавтов [5].

Как известно, космическая среда отличается от земной отсутствием гравитации, следовательно, эргономические правила, сформированные и используемые на Земле, практически не применимы в условиях невесомости. Косми-

ческое пространство – это абсолютно новая среда обитания с необходимостью проектирования новых устройств, а также разработки методов взаимодействия в системе «человек – космическая техника». «Вследствие изменения механизма пространственного анализа, перестройки координации движений в невесомости и особенностей биомеханики человека в безопорном положении, – пишут доктора медицинских наук Н. Рудный и И. Пестов, – становятся необходимыми новые инженерно-психологические решения в оборудовании рабочих мест, оснащении их средствами фиксации и перемещения. Меняются также требования к приборному оборудованию, органам управления, рабочему инструментарию, компоновке интерьера» [5]. Космонавтам необходимо управлять космическим кораблем и взаимодействовать с прочей техникой в условиях невесомости, где привычные сенсомоторные координации подвергаются изменениям [6]. Космическая эргономика занимается решением вопросов, связанных с обеспечением жизнедеятельности в процессе космического полета, учитывая проблемы сенсорной депривации, ограниченной двигательной активности, разработкой устройств для космической среды.

Высокая вероятность пребывания человека в нестандартных и опасных для него условиях также повлияла на развитие космической эргономики. Несомненно, космическое пространство – одно из самых опасных и необычных мест обитания для человека. В процессе профессиональной деятельности космонавта требуется совершение усвоенных действий, но также принятие новых, ранее не практикуемых, решений при возникновении непредвиденных обстоятельств. В условиях космической деятельности космонавту приходится самостоятельно осуществлять операции, неверное выполнение которых может привести к гибели экипажа, разрушению отдельных блоков станции, а также многомиллионным убыткам [7].

Проблема вероятности пребывания человека в нестандартных для организма условиях и поиск необходимых средств, обеспечивающих его жизнедеятельность, занимали главное место при подготовке первых космических полетов [8]. Условия космической профессиональной среды сопровождаются высокими требованиями к человеку с необходимостью работы в экстремальных условиях на грани своих психофизиологических возможностей (рис. 1).

Для определения пригодности пилота к полетам необходимо учитывать его физическую и психологическую подготовку для рабо-

ты в непредвиденных экстремальных ситуациях. В случае возникновения подобных условий пилот должен быстро принять решение и выполнить необходимые действия для обеспечения безопасности полета. Для подготовки пилотов к экстремальным ситуациям используются специальные тренажеры, в то время как практическое обучение на реальных полетах считается слишком опасным и нерациональным [10].



**Рис. 1.** Астронавт-исследователь С. Карпентер проходит испытание с погружением ног в воду со льдом для проверки выносливости и силы воли [9]

Для успешного освоения космоса было необходимо определить роль человека в системе космической эргономики. Ранее считалось, что полное автоматизирование космической техники превзойдет профессиональные компетенции и возможности человека, так как в космическом пространстве помимо отсутствия гравитации появляются и другие трудности: космические корабли перемещаются с высокой скоростью, следовательно, многие сложные задачи необходимо решать в довольно короткие сроки, а также соблюдать выполнение заданной траектории полета в безграничной среде. В ходе первого американского орбитального космического полета астронавт Джон Гленн столкнулся с отказом автоматики и вынужден был перейти на ручной режим посадки корабля. В своем отчете он подчеркнул, что человек может успешно применять свои профессиональные навыки в управлении космическим кораблем, так как часто безопасность в процессе полета и возможность возвращения космонавта на Землю зависит от совершаемых им действий [11].

Человек – это важное функционирующее звено в системе «человек – космический аппарат», так как в отличие от техники он склонен к самоанализу, абстрактному мышлению, имеет возможность адаптации к новым условиям, способен к обучению и передаче имеющихся зна-

ний и опыта. Он может ошибаться, но при этом способен исправлять неверные решения внутри эргономической системы, частью которой он является [9]. В 1966 году система космических кораблей «Джеминай» – «Аджена» потеряла устойчивость после проведения стыковки и начала вращаться. Астронавты Н. Армстронг и Д. Скотт первоначально решили, что ошибки внутри «Аджены» являются причиной потери контроля управления. После безуспешной отправки различных команд этой ракете космонавты стали самостоятельно искать неполадки в корабле. После проведения расстыковки с «Адженой» они нашли сбой в системе стабилизации корабля. Преодолев критическую аварийную ситуацию, Н. Армстронг и Д. Скотт благополучно вернулись на Землю [9].

Основные преимущества и недостатки человека и машины, работающих в единой системе, отображены в таблице. В отличие от техники человек может освоиться в новых условиях, в связи с чем он должен осуществлять следующие задачи:

- 1) выполнять роль оператора (производить точную регулировку и настройку органов управления, работать с оборудованием при выполнении научных исследований);
- 2) проводить наблюдения и фиксировать полученные объективные и субъективные данные;
- 3) принимать решения и корректировать программы действий на основе полученного опыта;
- 4) проводить техническое обслуживание эксплуатируемого оборудования [9].

Также в общую проблематику космической эргономики были включены следующие вопросы:

- формирование методов оценки количества и качества поступающей информации в системе «человек – космический корабль»;
- исследование свойств и качеств человека как получателя информации в условиях космического полета;
- изучение свойств человека как звена в системах управления движением космического корабля и исследование его пропускной способности при нагрузке разнородными операциями и функциями управления в целом;
- оптимизация космических комплексов по степени участия экипажей космических кораблей и наземного персонала в процессах управления;
- изучение характеристик работоспособности экипажей и воздействия различных факторов: внешняя среда, коллективность выполнения операций, утомляемость, степень подготовленности и т. д.;

- выявление требований к отбору и подготовке космонавтов;
- исследование способов повышения качеств человека как элемента в системах управления и формирование эффективных методов его подготовки к определенной деятельности;
- разработка методов моделирования и имитации условий работы космонавта-оператора

- и создание соответствующих экспериментальных стендов, установок, лабораторий, которые смогут воспроизводить процессы функционирования космических кораблей и выделять роль операторов в ходе проводимой работы;
- создание пособий и руководств по космической эргономике [12].

Т а б л и ц а

Преимущества и недостатки элементов системы «человек – машина»

<b>Человек</b>	<b>Машина</b>
<b>Преимущества</b>	<b>Недостатки</b>
Способен распознавать не запрограммированные данные, уведомлять о незапланированных ситуациях	Не может воспринимать события, не включенные в число запрограммированных при проектировании
Помехи электромагнитного характера не влияют на работоспособность	Электромагнитные помехи, особенно в диапазоне радиочастот, ухудшают работу или приводят к поломке
Может выделять полезные сигналы на фоне шумов	Разработка техники, способной выделять полезные сигналы на фоне шумов, является проблематичной
Большой объем памяти при длительном времени хранения информации с различной скоростью передачи	Объем памяти ограничен, непродолжительное хранение информации с высокой скоростью воспроизведения
Малый вес и энергопотребление в процессе деятельности	Прирост веса при увеличении сложности задач, потребление энергии – умеренное
Длительный срок службы, ведет уход за собой самостоятельно	Срок службы ограничен, требуется регулярный технический осмотр и уход
Управляет субъективными и объективными данными	Способна обработать только предусмотренную при проектировании информацию
<b>Недостатки</b>	<b>Преимущества</b>
Медленно и иногда неточно совершает математические операции	Математические расчеты производит быстро и точно
Работоспособность со временем ухудшается, необходим отдых для восстановления сил	Рабочие процессы не зависят от времени
Восприимчивость стрессовых факторов	Может быть разработана для корректной работы в суровых условиях космической среды
Эмоциональность, проявление усталости	Чувства отсутствуют
Индивидуально неповторим	Может быть произведена повторно
Потребность в обучении, в умственных и физических тренировках	Разрабатывается в зависимости от назначения
Реакция на раздражители происходит с задержкой во времени	Практически мгновенная реакция на сигнал

В сфере космических исследований возникла проблема взаимодействия операторов со значительным объемом информации, представленной в виде моделей объектов реального мира. Для решения данного вопроса требовалось провести исследование и анализ критериев для эффективного чтения и соответствия информации с реальной обстановкой при отображении объектов в информационном виде. Ранее анализ специфики взаимодействия человека с техническим оборудованием проводился в недостаточном объеме или не изучался совсем, что приводило к возникновению негативных последствий (ошибки в процессе эксплуатации устройств, аварии), а также невозможности прогнозирования и оценки качества системы «человек – техника».

В 60-е годы в США около 50% из числа причин всех аварий и катастроф при пуске межконтинентальных баллистических ракет прихо-

дилось на систему «человек – техника». Однако после решения эргономических вопросов данный показатель удалось уменьшить на 25%. Выявлено, что в процессе проектирования не предусматривались соответствующие подходы к оборудованию, было некорректное размещение органов управления, отсутствовали информационные указатели и индикаторы процессов управления. Все это создавало дефицит безопасности среди обслуживающего персонала, что приводило к возникновению травм, а иногда и гибели людей [12].

Космическая эргономика подразумевает формирование нового подхода к оборудованию рабочего места, а также осуществление возможности отдыха космонавтов в ограниченном пространстве космического корабля [13]. По разработанным рекомендациям инженерной психологии с применением эргономически целесообразных решений была спроектирована кабина

первого космического корабля «Восток». Была разработана первая единая система средств информации и ручного управления. Получили свое развитие новые многофункциональные устройства, которые упрощают работу космонавта [14].

Главными консультантами в области космической эргономики являются космонавты. Даже высококвалифицированные эргономисты не смогут результативно улучшать космическое оборудование без совместной работы с практикующими участниками полетов ввиду того, что их знания о жизни в суровых реалиях космоса довольно ограничены, поскольку ни один из них не имел опыта космических путешествий [8].

С увеличением продолжительности проводимых экспедиций космический корабль становился не только средством передвижения, но и новой средой жизнедеятельности человека. Дизайн интерьера первых космических кораблей проектировался по привычным человеку земным правилам, т. е. рабочее оборудование, места для сидения и отдыха располагались на нижней части пространства, т. е. «на полу», а освещение, соответственно, располагалось «на потолке». Данный подход был необходим для уменьшения стрессовых факторов на организм космонавта с помощью создания привычной земной среды обитания (рис. 2) [5].

## ВЫВОДЫ

Профессиональная деятельность космонавтов осуществляется в экстремальных условиях, в которых присутствуют такие факторы, как невесомость, ограниченность пространства, сенсорная и социальная изоляция, однообразие и монотонность действий, а также высокая вероятность возникновения непредвиденных ситуаций с необходимостью принятия быстрых и рациональных решений, которые не способны реализовать даже автономная техника. Таким образом, разработка эргонометрических требований к условиям обеспечения профессиональной деятельности человека в космической среде является важным фактором для успешного проведения космических исследований. Требования включают в себя системы жизнеобеспечения, безопасности, разработку научного и бытового оборудования, дизайна окружающего пространства, а также учет психологических особенностей работы космонавтов.

История развития космической эргономики связана с постоянным ростом возможностей космических исследований, расширением целевого назначения космической техники и увеличением периодов пребывания экипажей на орбите. С каждым новым этапом развития космической эргономики ученым удавалось получать все более глубокие знания о психофизиологических особенностях человека и его взаимодействии с космической средой.

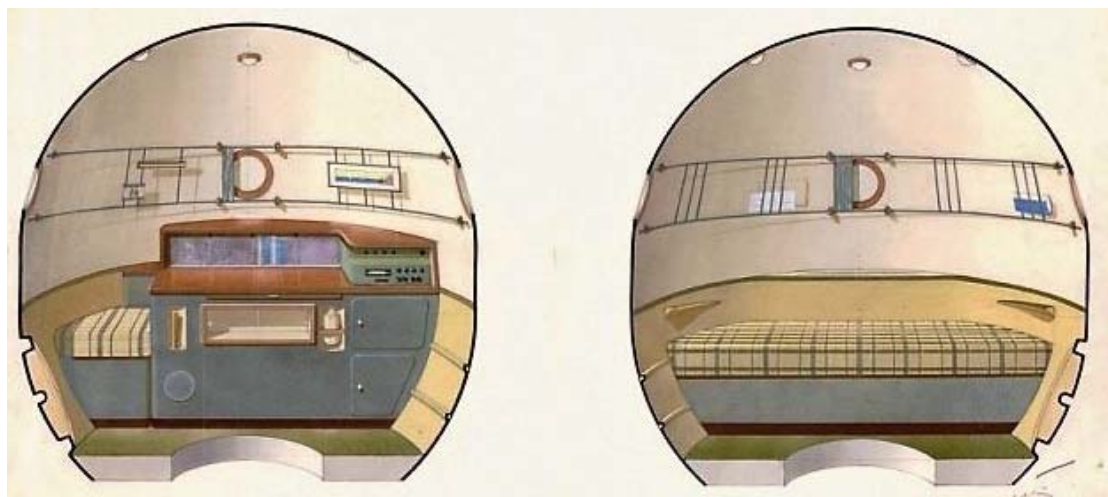


Рис. 2. Интерьер орбитального отсека корабля «Союз» [5]

## СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Рунге В. Ф., Манусевич Ю. П. Эргономика в дизайне среды. М. : Архитектура-С, 2005. 328 с.
2. Сергеев С. Ф. Инженерная психология и эргономика: история развития, понятийный и концептуальный базис // Образовательные технологии. 2011. № 1. С. 44–63.
3. Абрамов А. В., Родичева М. В., Гнеушева Е. М. Исследование теплообмена в системе «человек – одежда – среда» при комбинированном воздействии пониженных температур и ветра // Технологии и качество. 2022. № 4(58). С. 12–18.

4. Кривошеина Е. В., Букалов Г. К. Анализ безопасности человека и надежности ювелирного изделия в системе «человек – ювелирное изделие – машина – среда» // Технологии и качество. 2017. № 1(37). С. 47–50.
5. Голованов Я. К. Архитектура невесомости. М. : Машиностроение, 1978. 79 с.
6. Зинченко В. П., Мунипов В. М. Основы эргономики. М. : Изд-во МГУ, 1979. 344 с.
7. Методика оценки текущего психофизиологического состояния и степени готовности испытуемого к эмоционально напряженной деятельности / Ф. Я. Верховский, А. И. Киселев, Э. И. Борисов [и др.] // Труды Московского космического клуба. 1999. № 5. С. 153–161.
8. Мунипов В. М., Зинченко В. П. Эргономика: человекоориентированное проектирование техники, программных средств и среды : учебник. М. : Логос, 2001. 356 с.
9. Шарп М. Р. Человек в космосе / пер. с англ. М. И. Рохлина, Л. А. Сливко ; под ред. и с предисл. С. М. Городинского. М. : МИР, 1971. 200 с.
10. Нестерович Т. Б. Психофизиологический анализ деятельности, инженерно-психологические и эргономические разработки авиакосмической направленности // Эргономист. 2017. № 49. С. 28–43.
11. Леонов А. А., Лебедев В. И. Восприятие пространства и времени в космосе. М. : Наука, 1968. 116 с.
12. Меньшов А. И. Космическая эргономика. Л. : Наука, 1971. 296 с.
13. Куклина А. В., Кухта М. С. Особенности влияния микрогравитации на физиологическое и психологическое состояние человека // Эргодизайн. 2023. № 1(19). С. 62–68.
14. Дарский С. Г. Эргономика на космическом корабле // Авиация и космонавтика. 1976. № 3. С. 40–43.

## REFERENCES

1. Runge V. F., Manusevich Yu. P. Ergonomics in the design of the environment. Moscow, Arhitektura-S Publ., 2005. 328 p. (In Russ.)
2. Sergeev S. F. Engineering psychology and ergonomics: the history of development, conceptual and conceptual basis. *Obrazovatel'nye tekhnologii* [Educational technologies]. 2011;1:44–63. (In Russ.)
3. Abramov A. V., Rodicheva M. V., Gneusheva E. M. Study of heat transfer in the system “man – clothing – environment” under the combined impact of low temperatures and wind. *Tekhnologii i kachestvo* [Technologies & Quality]. 2022;4(58):12–18. (In Russ.)
4. Krivosheina E. V., Bukalov G. K. Analysis of human safety and reliability of jewelry in the system “man – jewelry – machine – environment”. *Tekhnologii i kachestvo* [Technologies & Quality]. 2017;1(37):47–50. (In Russ.)
5. Golovanov Ya. K. Architecture of weightlessness. Moscow, Mashinostroenie Publ., 1978. 79 p. (in Russ.)
6. Zinchenko V. P., Munipov V. M. Fundamentals of ergonomics. Moscow, Moscow St. Univ. Publ., 1979. 344 p. (in Russ.)
7. Verkhovsky F. Ya., Kiselyov A. I., Borisov E. I. [et al.] Methodology for assessing the current psychophysiological state and the degree of readiness of the tester for emotionally intense activity. *Trudy Moskovskogo kosmicheskogo kluba* [Proceedings of the Moscow Space Club]. 1999;5:153–161. (In Russ.)
8. Munipov V. M., Zinchenko V. P. Ergonomics: human-oriented design of equipment, software and environment. Moscow, Logos Publ., 2001. 356 p. (in Russ.)
9. Sharpe M. R. Man in space. M. I. Rokhlin, L. A. Slivko, S. M. Gorodinsky (Ed.). Moscow, MIR Publ., 1971. 200 p. (in Russ.)
10. Nesterovich T. B. Psychophysiological analysis of activity, engineering-psychological and ergonomic developments of aerospace orientation. *Ergonomist* [Ergonomist]. 2017;49:28–43. (In Russ.)
11. Leonov A. A., Lebedev V. I. Perception of space and time in space. Moscow, Nauka Publ., 1968. 116 p. (in Russ.)
12. Menshov A. I. Space ergonomics. Leningrad, Nauka Publ., 1971. 296 p. (in Russ.)
13. Kuklina A. V., Kukhta M. S. Features of the influence of microgravity on the physiological and psychological state of a person. *Ergodizajn* [Ergodesign]. 2023;1(19):62–68. (In Russ.)
14. Darskiy S. G. Ergonomics on a spaceship. *Aviatsiya i kosmonavtika* [Aviation and cosmonautics]. 1976;3:40–43. (In Russ.)

Статья поступила в редакцию 27.10.2023  
Принята к публикации 6.03.2024