

УДК 629.78:331.101.1

ББК 39.62:30.17

С65

Авторы:

В.Г. Сорокин — кандидат военных наук, доцент;

Л.М. Королев — доктор психологических наук, профессор.

Рецензенты:

В.Ф. Жмеренецкий — доктор технических наук, старший научный сотрудник, заслуженный военный специалист Российской Федерации;

А.А. Викторов — доктор технических наук, кандидат физико-математических наук;

Д.В. Лукашенко — доктор психологических наук, доцент;

И.Н. Куликов — кандидат военных наук, доцент.

Сорокин, Владимир Геннадиевич.

С65 Эргономическое обеспечение антропоморфных робототехнических систем космического назначения : монография / В.Г. Сорокин, Л.М. Королев. — Москва : Издательско-торговая корпорация «Дашков и К°», 2022. — 258 с.

ISBN 978-5-394-04573-8.

Монография посвящена вопросам эргономического обеспечения антропоморфных робототехнических систем космического назначения — раскрытию структурно-функционального содержания и эргономических требований к характеристикам эргатической системы «космонавт — антропоморфная робототехническая система космического назначения — профессиональная среда деятельности».

Для специалистов, участвующих в решении задач эргономического обеспечения космической техники.

ISBN 978-5-394-04573-8

© Сорокин В.Г., Королев Л.М., 2022

© ООО «ИТК «Дашков и К°», 2022

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПЕРЕЧЕНЬ СОКРАЩЕНИЙ	9
ОПРЕДЕЛЕНИЯ	11
ВВЕДЕНИЕ	15
ГЛАВА 1. АНТРОПОМОРФНЫЕ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ КОСМИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ.....	18
1.1. Существующие антропоморфные робототехнические системы космического назначения.....	20
1.2. Телеуправляемая антропоморфная робототехническая система SAR-400 (401).....	22
1.3. Демонстрационный образец антропоморфной робототехнической системы космического назначения FEDOR	28
1.4. Антропоморфная робототехническая система космического назначения «Robonaut-2»	33
ГЛАВА 2. СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ЭРГАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ «КОСМОНАВТ — АНТРОПОМОРФНАЯ РОБОТОТЕХНИЧЕСКАЯ СИСТЕМА КОСМИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ — ПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ СРЕДА ДЕЯТЕЛЬНОСТИ».....	38
2.1. Структура эргатической системы «космонавт — антропоморфная робототехническая система космического назначения — профессиональная среда деятельности».....	38
2.2. Концептуальные подходы создания эргатической системы «космонавт — антропоморфная робототехническая система космического назначения — профессиональная среда деятельности»	41
2.3. Структура профессиональной деятельности космонавтов в эргатической системе «космонавт — антропоморфная робототехническая система космического назначения — профессиональная среда»	44
2.4. Эргономические свойства, влияющие на эффективность функционирования эргатической системы «космонавт — антропоморфная робототехническая система космического назначения — профессиональная среда деятельности»	49

2.4.1. Представление эргатической системы «космонавт — антропоморфная робототехническая система космического назначения — профессиональная среда деятельности» с позиций антропоцентрического подхода	49
2.4.2. Факторы, определяющие внешние свойства эргатической системы «космонавт — антропоморфная робототехническая система космического назначения — профессиональная среда деятельности»	52
2.4.2.1. Факторы технического объекта управления	53
2.4.2.2. Факторы человеко-машинного интерфейса	56
2.4.2.3. Факторы окружающей среды	61
2.4.3. Факторы, определяющие внутренние свойства эргатической системы «космонавт — антропоморфная робототехническая система космического назначения — профессиональная среда деятельности»	67
2.4.4. Факторы, определяющие результирующие свойства эргатической системы «космонавт — антропоморфная робототехническая система космического назначения — профессиональная среда деятельности»	69

ГЛАВА 3. ЭРГОНОМИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ХАРАКТЕРИСТИКАМ ЭРГАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ «КОСМОНАВТ — АНТРОПОМОРФНАЯ РОБОТОТЕХНИЧЕСКАЯ СИСТЕМА КОСМИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ — ПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ СРЕДА ДЕЯТЕЛЬНОСТИ».....

3.1. Эргономические требования к характеристикам организации эргатической системы «космонавт — антропоморфная робототехническая система космического назначения — профессиональная среда деятельности»	74
3.2. Эргономические требования к характеристикам организации деятельности космонавта в эргатической системе «космонавт — антропоморфная робототехническая система космического назначения — профессиональная среда деятельности»	81
3.3. Эргономические требования к характеристикам технических средств деятельности космонавта в эргатической системе «космонавт — антропоморфная робототехническая система космического назначения — профессиональная среда деятельности»	95

3.4. Эргономические требования к характеристикам формирования и поддержания работоспособности космонавта в эргатической системе «космонавт — антропоморфная робототехническая система космического назначения — профессиональная среда деятельности»	100
3.5. Эргономические требования к характеристикам эргатической системы «космонавт — антропоморфная робототехническая система космического назначения — профессиональная среда деятельности», обусловленным факторами внешней среды	103
3.5.1. Защита антропоморфной робототехнической системы космического назначения от агрессивной внешней среды	104
3.5.1.1. Защита от космического мусора	105
3.5.1.2. Защита от влияния космического вакуума и глубоких перепадов температуры	105
3.5.1.3. Защита от влияния радиационного пояса Земли	107
3.5.1.4. Защита от влияния солнечной радиации	107
3.5.1.5. Защита от влияния космического излучения, создаваемого космическими лучами	109
3.5.1.6. Защита от метеоритной опасности	110
3.5.1.7. Защита от электризации	111
3.5.2. Построение рациональных сценариев деятельности	111
3.5.3. Построение и оборудование маршрутов передвижения антропоморфных робототехнических систем космического назначения	112
3.5.4. Удобство средств фиксации и съемных средств перемещения	113
3.5.5. Оборудование стационарных или переносных специальных рабочих мест	114
3.5.5.1. Рабочее место для монтажных работ	115
3.5.5.2. Рабочее место для выполнения плановых операций	115
3.5.5.3. Рабочее место для обслуживания и сборки больших космических конструкций	115
3.5.5.4. Рабочее место для обслуживания открытых космических доков	115

3.5.5.5. <i>Переносное рабочее место для выполнения срочных и незапланированных работ</i>	116
3.5.5.6. <i>Рабочее место для выполнения срочных и незапланированных работ, сопрягаемое с системой передвижения антропоморфного робота</i>	116
3.5.5.7. <i>Выносное рабочее место для выполнения срочных и незапланированных работ, сопрягаемое с бортовым манипулятором</i>	117
3.5.6. <i>Порядок освещения рабочей области</i>	117
3.5.7. <i>Разработка специальных средств перемещения антропоморфных робототехнических средств космического назначения</i>	118
3.5.7.1. <i>Специальные средства перемещения антропоморфных робототехнических систем космического назначения «пистолетного» типа</i>	119
3.5.7.2. <i>Специальные средства перемещения антропоморфных робототехнических систем космического назначения ранцевого типа</i>	120
3.5.7.3. <i>Специальные средства перемещения в виде рабочих платформ</i>	121
3.5.8. <i>Порядок переноса, применения и хранения бортового инструмента</i>	121
3.5.9. <i>Перенос, применение и хранение оборудования и приборов для выполнения операций</i>	122
3.5.10. <i>Использование средств контроля над функционированием антропоморфных робототехнических систем космического назначения</i>	124
3.5.11. <i>Использование информационных средств поддержки функционирования антропоморфных робототехнических систем космического назначения в нештатных ситуациях</i>	125
3.5.12. <i>Порядок оказания оперативной помощи в аварийных ситуациях с помощью штатных средств</i>	126
3.6. <i>Эргономические требования к характеристикам эргатической системы «космонавт — антропоморфная робототехническая система космического назначения — профессиональная среда деятельности», обусловленным внутренними факторами</i>	127

3.6.1. Основные виды совместимости и согласования элементов космической эргатической системы	128
3.6.2. Космонавт как основной компонент эргатической системы	131
3.6.3. Особенности взаимодействия космонавта с АРТС КН	138
3.6.4. Профессиональная среда, обеспечивающая деятельность космического экипажа	139
3.6.5. Требования, определяющие профессиональную пригодность космонавта	142
3.6.6. Личностный и человеческий фактор в космической деятельности	146

ГЛАВА 4. ИССЛЕДОВАНИЕ ВАЖНЕЙШИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЭРГАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ «КОСМОНАВТ — АНТРОПОМОРФНАЯ РОБОТОТЕХНИЧЕСКАЯ СИСТЕМА КОСМИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ — ПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ СРЕДА

ДЕЯТЕЛЬНОСТИ».....	150
4.1. Показатели загруженности космонавта	150
4.2. Нормативные значения показателей качества деятельности космонавта	171
4.2.1. Алгоритм расчёта нормативных значений показателей качества деятельности космонавта	171
4.2.2. Расчет показателей качества деятельности космонавта, характеризующих выполнение отдельных действий	174
4.2.2.1. <i>Расчёт показателей, определяющих временные характеристики выполнения отдельных действий</i>	174
4.2.2.2. <i>Расчёт показателей, определяющих точность (правильность) выполнения отдельных действий</i>	177
4.2.2.3. <i>Расчёт показателей, определяющих надёжность выполнения отдельных действий</i>	179
4.2.3. Расчет показателей качества деятельности космонавта, характеризующих выполнение задач	180
4.2.3.1. <i>Расчёт показателей, определяющих временные характеристики выполнения задач</i>	180
4.2.3.2. <i>Расчёт показателей, определяющих точность (правильность) выполнения задач</i>	182

4.2.3.3. <i>Расчёт показателей, определяющих надёжность выполнения задач</i>	185
4.2.4. <i>Расчет показателей качества деятельности космонавта, характеризующих выполнение алгоритмов</i>	187
4.2.4.1. <i>Расчёт показателей, определяющих временные характеристики выполнения алгоритмов</i>	187
4.2.4.2. <i>Расчёт показателей, определяющих точность (правильность) выполнения алгоритмов</i>	189
4.2.4.3. <i>Расчёт показателей, определяющих надёжность выполнения алгоритмов</i>	189
4.2.5. <i>Расчет показателей качества деятельности космонавта, характеризующих выполнение циклограммы</i>	190
4.2.5.1. <i>Расчёт показателей, определяющих временные характеристики выполнения циклограммы</i>	190
4.2.5.2. <i>Расчёт показателей, определяющих правильность выполнения циклограммы</i>	192
4.2.5.3. <i>Расчёт показателей, определяющих надёжность выполнения циклограммы</i>	193
4.2.6. <i>Анализ результатов расчетов нормативных значений показателей качества деятельности космонавтов</i>	194
4.3. <i>Нормативные значения показателей достаточности отображаемой информации</i>	221
4.4. <i>Нормативные значения показателей адекватности реальной и отображаемой информации</i>	228
4.5. <i>Способы повышения работоспособности космонавтов и управления функциональным состоянием</i>	236
4.5.1. <i>Расчет уровней работоспособности космонавтов и функционального состояния</i>	236
4.5.2. <i>Способы повышения работоспособности космонавтов и управления функциональным состоянием</i>	246
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	250
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	252