

УДК 629.786.2  
ББК 39.62я7  
О-75

*Авторы:*

*А.В. Туманов, В.В. Зеленцов, Н.Л. Павлов, Г.А. Щеглов*

*Рецензенты:*

*кафедры «Космические системы и ракетостроение» (зав. кафедрой чл.-корр. РАН, д-р техн. наук, проф. О.М. Алифанов) и «Системы обеспечения жизнедеятельности и защиты ракетно-космических комплексов» (зав. кафедрой канд. техн. наук, доцент В.С. Пичулин) Московского авиационного института (национального исследовательского университета); советник президента ПАО РКК «Энергия» имени С.П. Королёва, канд. техн. наук, доцент А.П. Александров*

**Основы компоновки бортового оборудования пилотируемых космических аппаратов** : учебное пособие / [А. В. Туманов и др.] ; под ред. Г. А. Щеглова. — Москва : Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2020. — 755, [5] с. : ил. — (Серия «Вооружение и военная техника»).

ISBN 978-5-7038-5134-0

Приведены основные сведения и изложены исходные данные, необходимые для проведения компоновки бортового оборудования пилотируемых космических аппаратов. Большое внимание уделено вопросам пространственной организации пилотируемых аппаратов в контексте человеческой культуры, приведены основные сведения о компоновке транспортных кораблей и орбитальных станций. Указаны критерии внешней и внутренней компоновки бортового оборудования, необходимого для осуществления космического полета. Приведены основные критерии качества выполненной компоновки и обширный справочный материал по целевому оборудованию и обеспечивающим системам.

Содержание учебного пособия соответствует учебной программе и курсу лекций, которые авторы читают в МГТУ им. Н.Э. Баумана.

Для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению подготовки 24.05.01 «Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов».

УДК 629.786.2  
ББК 39.62я7

ISBN 978-5-7038-5134-0

© Оформление. Издательство  
МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2020

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие.....	5
Принятые сокращения .....	8
<b>Введение</b> .....	11
Цели и задачи освоения человеком космического пространства.....	11
Критические технологии пилотируемой космонавтики .....	16
Обитаемые космические сооружения.....	18
Цели и задачи компоновки различных пилотируемых космических аппаратов .....	33
Литература к Введению .....	34
<b>Часть I. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ КОМПОНОВКИ ПИЛОТИРУЕМОГО КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА</b> .....	35
<b>Глава 1. Организация пилотируемого космического полета</b> .....	37
1.1. Юридические аспекты космической деятельности .....	37
1.2. Целевое назначение пилотируемых космических аппаратов.....	38
1.3. Космическая программа пилотируемых полетов.....	43
1.4. Логистика космической программы пилотируемых полетов.....	50
1.4.1. Организация снабжения пилотируемого космического аппарата ....	50
1.4.2. Тара и размещение грузов .....	54
1.4.3. Транспортные космические системы.....	62
1.4.4. Планирование транспортных операций.....	76
Контрольные вопросы к главе 1 .....	79
Литература к главе 1 .....	79
<b>Глава 2. Человек в космическом полете</b> .....	82
2.1. Геометрия тела человека .....	82
2.1.1. Антропометрические характеристики человека.....	82
2.1.2. Антропометрические характеристики человека в условиях невесомости.....	83
2.2. Функционирование человека в космическом полете .....	87
2.2.1. Ограничения подвижности .....	87
2.2.2. Питание космонавтов во время полета .....	88
2.2.3. Метаболизм .....	90
2.2.4. Заболевания экипажа.....	92
2.2.5. Физическая нагрузка .....	93
2.2.6. Психологические и социальные аспекты нахождения человека в космическом пространстве .....	94

2.3. Воздействие космической среды на человека во время полета .....	101
2.3.1. Воздействие внешней среды .....	101
2.3.2. Внешние силовые воздействия .....	105
2.3.3. Воздействие электромагнитных полей .....	117
2.3.4. Потоки частиц .....	120
Контрольные вопросы к главе 2 .....	129
Литература к главе 2 .....	129

### **Глава 3. Культурные основания пространственной организации**

<b>пилотируемых космических аппаратов</b> .....	131
3.1. Процесс освоения космоса в контексте развития мировой культуры.....	131
3.2. Современный этап освоения космоса. Смена целевых установок при организации пространства КА.....	138
3.3. Морфология человека и некоторые особенности построения пространства жизнедеятельности человека и общества .....	140
3.3.1. Особенности морфологии человека. Человек — существо ортогональное .....	140
3.3.2. Круг и квадрат в построении пространства жизнедеятельности человека: в архитектуре и культуре .....	147
3.3.3. Круг и квадрат в пространственном построении КА.....	156
3.3.4. Естественные и искусственные системы мер .....	157
3.4. Организация пространства жизнедеятельности человека и общества .....	168
3.4.1. Пространство обитания и пространство жизнедеятельности .....	168
3.4.2. Два типа пространства жизнедеятельности человека и общества ....	170
3.4.3. Пространство созидания .....	170
3.4.4. Пространство коммуникации .....	181
3.4.5. Взаимодействие пространства созидания и пространства коммуникации .....	189
3.4.6. Пространство созидания и пространство коммуникации в виртуальном мире .....	195
3.5. Организация внутреннего пространства ПКС.....	197
3.5.1. Организация пространства созидания в составе структуры ПКС .....	197
3.5.2. Организация пространства коммуникации в составе структуры ПКС .....	204
3.5.3. Пространственная граница. Внутренние границы и переходные пространства.....	206
3.5.4. Внешние границы и пространственное развертывание ОС.....	211
3.5.5. Культурный контекст при проектировании ПКА.....	214
Контрольные вопросы к главе 3 .....	215
Литература к главе 3 .....	216

## **Часть II. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЛИКА ПИЛОТИРУЕМОГО КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА**

217

### **Глава 4. Блочная-модульная компоновка пилотируемого космического аппарата**

219

4.1. Компоновка пилотируемого космического аппарата.....	219
--	-----

4.2. Блочная компоновка пилотируемых космических аппаратов .....	221
4.3. Модульная компоновка пилотируемых комплексов .....	233
4.4. Компоновка герметичных модулей орбитальных ПКА .....	243
4.5. Общая компоновка модульных орбитальных ПКА .....	253
Контрольные вопросы к главе 4 .....	271
Литература к главе 4 .....	271
<b>Глава 5. Конструктивная компоновка обитаемых модулей .....</b>	<b>273</b>
5.1. Основные компоновочные элементы .....	273
5.2. Компоновка контура герметичности .....	285
5.2.1. Элементы контура герметичности обитаемых отсеков .....	285
5.2.2. Иллюминаторы .....	287
5.2.3. Люки .....	293
5.3. Конструктивная компоновка трансформируемых отсеков .....	304
5.3.1. Телескопические отсеки .....	304
5.3.2. Отсеки с гофрированной оболочкой .....	308
5.3.3. Отсеки с мягкой оболочкой .....	318
Контрольные вопросы к главе 5 .....	339
Литература к главе 5 .....	340
<b>Глава 6. Построение космических комплексов .....</b>	<b>343</b>
6.1. Космические комплексы на базе блочно-модульной архитектуры .....	343
6.1.1. Методы и средства создания комплекса .....	343
6.1.2.стыковочные узлы герметичных отсеков .....	349
6.1.3.стыковочные узлы негерметичных отсеков.....	360
6.1.4.стыковочные узлы герметичных и негерметичных отсеков.....	363
6.1.5.Монтаж конструкций космического комплекса.....	367
6.2. Космические комплексы на базе тросовых систем .....	381
6.3. Космический комплекс на базе свободно летающих компонентов.....	393
6.4. Развертывание космического комплекса .....	395
Контрольные вопросы к главе 6 .....	399
Литература к главе 6 .....	399
<b>Глава 7. Компоновка ПКА с искусственной силой тяжести .....</b>	<b>402</b>
7.1. Поле искусственной силы тяжести.....	402
7.2. Медико-биологические аспекты создания искусственной силы тяжести .....	408
7.3. Компоновка космического аппарата с искусственной силой тяжести .....	413
7.4. Архитектурные аспекты помещений с ИСТ .....	428
7.5. Компоновка центрифуг для создания локальной ИСТ.....	430
Контрольные вопросы к главе 7 .....	438
Литература к главе 7 .....	439
<b>Часть III. КОМПОНОВКА СИСТЕМ ПИЛОТИРУЕМОГО</b>	
<b>КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА.....</b>	<b>441</b>
<b>Глава 8. Компоновка обитаемого объема пилотируемого</b>	
<b>космического аппарата .....</b>	<b>443</b>
8.1. Характеристики внутреннего объема пилотируемого	
космического аппарата .....	443

8.1.1. Деление герметичного объема.....	443
8.1.2. Функциональное зонирование внутреннего объема .....	446
8.2. Компоновочные элементы интерьера .....	449
8.2.1. Интерьер и его основные элементы .....	449
8.2.2. Компоновка коридоров и проходов .....	455
8.2.3. Компоновка фиксаторов и опор .....	457
8.2.4. Монтаж и крепление оборудования .....	463
8.2.5. Компоновка источников света.....	468
8.3. Компоновочные элементы бытовых отсеков .....	472
8.3.1. Оборудование для организации приема пищи .....	472
8.3.2. Оборудование для организации отдыха.....	475
8.3.3. Оборудование для организации сна .....	475
8.3.4. Складское оборудование .....	478
8.3.5. Одежда .....	482
8.4. Компоновка инфраструктуры медицинского обеспечения .....	483
8.4.1. Контроль состояния здоровья и работоспособности экипажа .....	483
8.4.2. Бортовое профилактическое оборудование .....	487
8.4.3. Бортовое медицинское оборудование .....	491
8.4.4. Компоновка медицинского оборудования.....	494
8.5. Компоновка рабочих мест для научных экспериментов.....	496
8.5.1. Рабочие места российского сегмента МКС .....	496
8.5.2. Рабочие места американского сегмента МКС .....	500
Контрольные вопросы к главе 8 .....	505
Литература к главе 8 .....	505
<b>Глава 9. Компоновка зон внекорабельной деятельности .....</b>	<b>508</b>
9.1. Организация внекорабельной деятельности .....	508
9.1.1. Виды внекорабельной деятельности.....	508
9.1.2. Циклограмма выхода в открытый космос .....	509
9.2. Скафандры для внекорабельной деятельности.....	515
9.3. Компоновка шлюзовых камер .....	521
9.4. Средства для работы человека в открытом космосе.....	530
9.4.1. Средства перемещения и фиксации при внекорабельной деятельности .....	530
9.4.2. Установки для маневрирования космонавта .....	540
9.4.3. Телескопическая грузовая стрела.....	545
9.4.4. Переносное рабочее место и инструменты .....	549
9.5. Компоновка рабочих мест на внешней поверхности ПКА.....	554
9.5.1. Рабочие места на модулях российского сегмента МКС .....	554
9.5.2. Рабочие места на других сегментах МКС .....	560
Контрольные вопросы к главе 9 .....	569
Литература к главе 9 .....	569
<b>Глава 10. Компоновка постов управления.....</b>	<b>571</b>
10.1. Особенности компоновки системы управления ПКА.....	572
10.1.1. Структура контура управления.....	572
10.1.2. Место космонавта в контуре управления ПКА .....	572

10.2. Требования к построению космической эргономической системы .....	575
10.2.1. Эргономическое обеспечение на стадии разработки КЭС или ее компонентов .....	575
10.2.2. Размещение постов управления на орбитальной станции .....	577
10.2.3. Особенности компоновки постов управления КПА .....	578
10.2.4. Требования к компоновке кабины и пульта управления .....	584
10.3. Система отображения информации .....	587
10.3.1. Построение системы отображения информации .....	588
10.3.2. Средства отображения информации .....	592
10.3.3. Требования к размещению системы отображения информации .....	594
10.3.4. Органы управления .....	596
10.3.5. Размещение рабочих зон на пультах управления .....	597
10.4. Компоновка кабины и системы отображения информации .....	603
10.4.1. Система отображения информации космического корабля «Союз-ТМА» и пульт ручного управления РС МКС .....	603
10.4.2. Система отображения информации орбитального комплекса «Алмаз» .....	606
10.4.3. Аппаратура управления ручной стыковкой космических аппаратов .....	611
Контрольные вопросы к главе 10 .....	612
Литература к главе 10 .....	613
<b>Глава 11. Компоновка оборудования системы жизнеобеспечения .....</b>	<b>614</b>
11.1. Структура системы жизнеобеспечения .....	614
11.2. Компоновка оборудования системы обеспечения газовой среды .....	618
11.2.1. Параметры искусственной атмосферы .....	618
11.2.2. Оборудование для регулирования состава атмосферы .....	620
11.2.3. Средства организации газового обмена .....	625
11.2.4. Средства контроля состояния атмосферы .....	632
11.2.5. Средства очистки атмосферы .....	638
11.2.6. Размещение блоков СОГС на ПКА .....	645
11.3. Компоновка оборудования системы водообеспечения .....	649
11.3.1. Параметры системы водообеспечения .....	649
11.3.2. Оборудование системы хранения воды .....	650
11.3.3. Оборудование системы регенерации воды .....	652
11.4. Компоновка оборудования системы формирования микроклимата .....	657
11.5. Компоновка экологического оборудования .....	664
11.5.1. Компоновка оборудования для борьбы с шумами .....	665
11.5.2. Компоновка оборудования для санитарно-гигиенического обеспечения .....	667
11.5.3. Система удаления мусора и отходов .....	674
Контрольные вопросы к главе 11 .....	679
Литература к главе 11 .....	679
<b>Глава 12. Компоновка систем обеспечения безопасности пилотируемого     космического аппарата .....</b>	<b>681</b>
12.1. Основные понятия надежности и безопасности ПКА .....	681

12.1.1. Термины и определения.....	681
12.1.2. Классификация нештатных ситуаций .....	682
12.1.3. Классификация отказов.....	683
12.2. Обеспечение безопасности и надежности ПКА.....	684
12.2.1. Критерии и методы оценки безопасности .....	684
12.2.2. Система обеспечения безопасности и надежности ПКА.....	687
12.2.3. Способы резервирования систем.....	690
12.3. Требования безопасности системы космонавт — среда .....	692
12.3.1. Требования к компоновке и конструкции ПКА.....	693
12.3.2. Требования к выбору конструкционных материалов .....	696
12.3.3. Требования, обусловленные неблагоприятным воздействием внешней среды.....	697
12.3.4. Требования к безопасности деятельности экипажа на борту ПКА .....	697
12.4. Компоновка средств защиты экипажа ПКА от метеоритных потоков и космического мусора.....	700
12.5. Компоновка средств защиты от радиационного облучения .....	703
12.5.1. Система обеспечения радиационной безопасности .....	703
12.5.2. Риски, возникающие при радиационном облучении.....	708
12.5.3. Средства мониторинга радиационной обстановки.....	713
12.5.4. Компоновка экранов радиационной защиты.....	715
12.5.5. Перспективные способы радиационной защиты.....	723
12.6. Компоновка систем безопасности транспортных ПКА .....	727
12.7. Компоновка систем безопасности на орбитальном участке полета .....	737
Контрольные вопросы к главе 12 .....	747
Литература к главе 12 .....	747