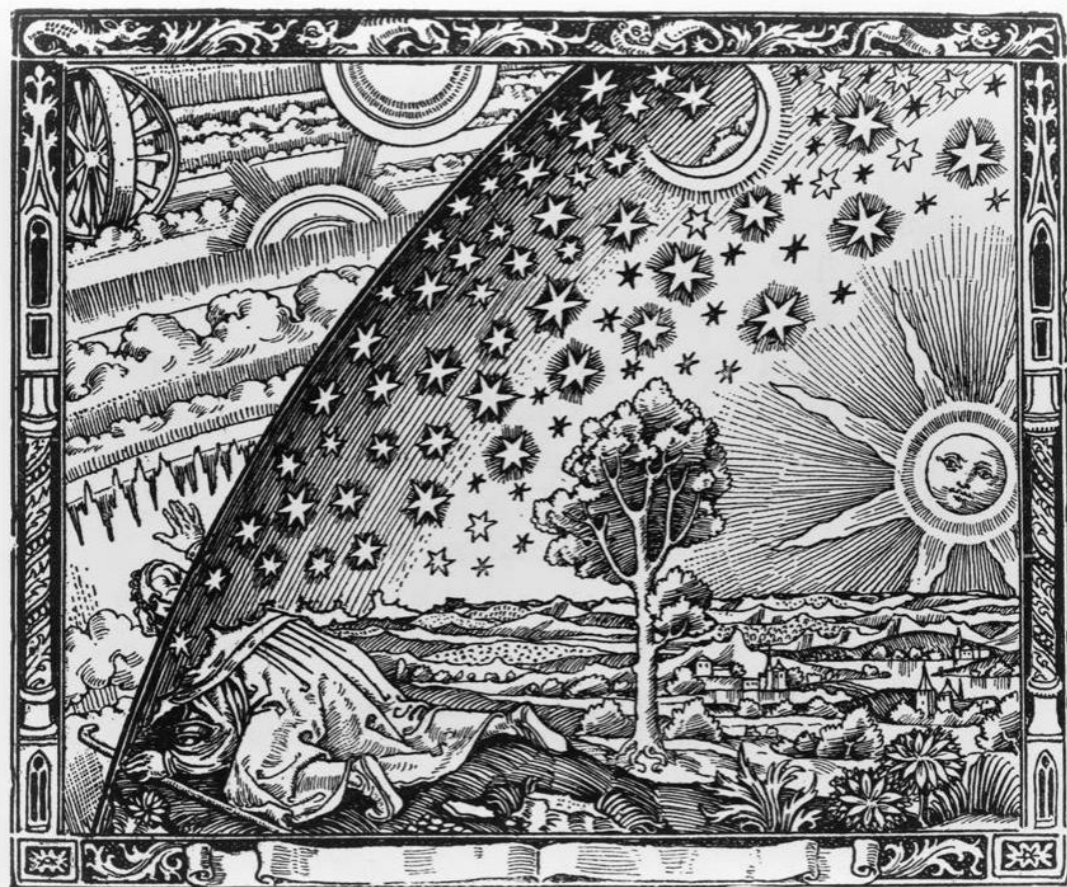


*Посвящается светлой памяти соавторов
Владимира Викторовича Зеленцова
и Анатолия Васильевича Туманова*



Gravure sur bois de Flammarion
Дерево, гравюра

ОСНОВЫ КОМПОНОВКИ БОРТОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ ПИЛОТИРУЕМЫХ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ

Под редакцией Г.А. Щеглова

Допущено Федеральным учебно-методическим объединением в системе высшего образования по укрупненной группе специальностей и направлений подготовки 24.00.00 «Авиационная и ракетно-космическая техника» в качестве учебного пособия для лиц (студентов, аспирантов, адъюнктов), обучающихся по основным образовательным программам высшего образования по специальности 24.05.01 «Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов», по специализациям «Аэрокосмические ракетные системы» и «Пилотируемые и автоматические космические аппараты»

2-е издание, исправленное

УДК 629.786.2
ББК 39.62я7
О-75

Издание доступно в электронном виде по адресу
<https://press.bmstu.ru/catalog/item/8668>

Авторы:

А.В. Туманов, В.В. Зеленинов, 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. — 2-е изд., испр. — Москва : Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2026. — 755, [1] с. : ил.

ISBN 978-5-7038-6818-8

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 978-5-7038-6818-8

© Оформление. Издательство
МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2026

ПРЕДИСЛОВИЕ

Развитие пилотируемой космонавтики ставит перед вузами задачу подготовки специалистов, обладающих комплексом универсальных компетенций по компоновке космических аппаратов с человеком на борту. До настоящего времени эти вопросы освещались в отдельных изданиях, посвященных, как правило, разработке той или иной системы. Данное учебное пособие подготовлено как комплексное для обеспечения учебных курсов «Проектирование орбитальных станций» и «Проектирование двухсредных летательных аппаратов», читаемых на кафедре «Аэрокосмические системы» МГТУ им. Н.Э. Баумана, основанной Генеральным конструктором ракетно-космической техники, академиком В.Н. Челомеем — создателем уникальных систем вооружения и военной техники, в том числе пилотируемой орбитальной станции «Алмаз». Созданная для решения военных задач, эта станция стала основой для отечественных пилотируемых научных орбитальных станций «Салют» и «Мир», а также Международной космической станции.

Цель, которую должен достичь студент после изучения этого учебного пособия, — освоение общих принципов, основных положений и базовых методов формирования внешнего вида пилотируемого космического аппарата, а также базовых критериев и принципов, применяемых при создании компоновки бортового оборудования, предназначенного специально для аппаратов такого класса.

Задача учебного пособия — предоставить студенту учебный материал, способствующий овладению:

- базовыми знаниями об особенностях жизни и деятельности человека в условиях космического полета, о гуманитарных аспектах организации обитаемого пространства, существующих и перспективных компоновочных решениях, об основах устройства и технических характеристиках элементов бортового оборудования;
- методами сбора информации, необходимой для выполнения компоновки, из различных источников с использованием современных компьютерных информационно-телекоммуникационных технологий, а также методами анализа компоновочных решений по приведенным в пособии критериям;
- начальным уровнем практических навыков выполнения различных видов компоновки пилотируемых космических аппаратов и комплексов.

Компоновка космического аппарата — не формализуемый процесс. Здесь велика роль творческих идей, которые воплощаются в проектные решения. В процессе изучения основ компоновки, как и других творческих дисциплин, очень важно и полезно рассматривать различные примеры.

Для помощи студентам при курсовом и дипломном проектировании в издании представлено достаточно много различных проектов пилотируемых космических аппаратов. Причем приведены не только успешно реализованные и реализуемые в настоящее время проекты космических аппаратов, но и нереализованные концепции и идеи. Это сделано намеренно, поскольку многие идеи, «отлежавшись», оказываются актуальными или служат основой для новых проектов. Кроме того, такие примеры будут способствовать развитию у студента умения анализировать и оценивать собственные разработки.

Для того чтобы у обучающихся возникла потребность в генерации новых идей, авторы при изложении материала воздерживаются от прямой критики проектов (для этого имеется специальная литература) и не делают акцент ни на положительных, ни на отрицательных сторонах представляемых компоновок.

Также намеренно не приведены методики расчетов, поскольку пособие должно служить отправной точкой для формализации компоновочных задач. Основное внимание уделено графическому материалу, который позволяет более наглядно передать компоновочную информацию, чем текстовое описание. Для экономии объема книги текстовое описание, дублирующее схемы, в большинстве примеров опущено. Предполагается, что студент будет самостоятельно или с помощью руководителя внимательно изучать предложенные схемы, приобретая опыт аналитической работы.

Для проведения детальных расчетов могут быть использованы существующие специализированные пособия, ссылки на которые даны в тексте. Работа с источниками информации — важная часть процесса проектирования, и студент должен освоить ее в процессе работы над проектами. Самостоятельный поиск информации, даже при наличии Интернета, имеющего «бесконечную емкость», оказывается затруднителен для студента, у которого не сформировано семантическое ядро — ему неясно, какие слова надо задавать поисковой машине. Чтобы помочь студентам начать поиск нужной информации, каждая глава пособия снабжена библиографией, содержащей ссылки на публикации и электронные ресурсы, использованные в процессе подготовки пособия. С помощью ссылок студенты смогут найти более подробную информацию по заинтересовавшей их теме и начать собственный поиск в информационно-телекоммуникационной сети.

Собранные в книге примеры показывают, что компоновка пилотируемого космического аппарата значительно сложнее компоновки автоматического космического аппарата. Центральным объектом здесь является человек, в связи с чем студентам потребуется знание технических дисциплин, а также придется разбираться в вопросах, относящихся к биологии, медицине, психологии, эргономике, архитектуре, искусству, философии. Поэтому книга открывается введением, где раскрываются причины, побуждающие человека стремиться в космос, а также представлены существующие проекты космических объектов различных масштабов.

Материал книги разделен на три части, каждая из которых соответствует модулю учебного плана дисциплины «Основы компоновки орбитальных станций» и этапу компоновочных работ: сбор исходных данных, определение облика пилотируемого космического аппарата, компоновка специфических для него элементов бортового оборудования и систем. Предполагается, что для компоновки бортового оборудования пилотируемого космического аппарата, общего с

автоматическими космическими аппаратами (системы управления движением, энергетические системы и пр.), студенты будут использовать и другие пособия по основам компоновки бортового оборудования космических аппаратов, список которых приведен в конце издания.

В первой части содержатся исходные данные, необходимые для выполнения компоновки на основе заданной программы космического полета. В главе 1 приведены юридические аспекты космической деятельности, а также общие сведения о построении космической программы и космической логистике. В главе 2 рассмотрены физиологические и биологические данные о человеке и воздействующих на него факторах во время космического полета. Принципы организации пространства в аппарате и фундаментальные основы архитектуры изложены в главе 3.

Во второй части даны примеры формирования общей компоновки пилотируемого космического аппарата. В главе 4 рассматривается блочно-модульный подход к его компоновке, в главе 5 приведены особенности компоновочных решений отдельных модулей, в главе 6 собраны примеры компоновок космических комплексов. Глава 7 посвящена проектам пилотируемых космических аппаратов с искусственной силой тяжести.

В третьей части приведена информация, полезная для выполнения компоновки элементов бортового оборудования. В главе 8 представлены способы зонирования пространства и оформления интерьера кабины пилотируемого космического аппарата.

В главе 9 рассказывается о внекорабельной деятельности, дается описание конструкции скафандров, шлюзовых камер различных пилотируемых космических аппаратов, способов перемещения и фиксации космонавта во время внекорабельной деятельности, а также рабочих инструментов и приспособлений, используемых космонавтами. Приведены примеры размещения научной аппаратуры на поверхности российского и американского модулей Международной космической станции.

В главе 10 изложены эргономические требования к компоновке рабочего места космонавта и пультов управления. В главе 11 собраны данные о схемах и компоновочных элементах системы обеспечения жизнедеятельности российского и американского сегментов Международной космической станции. В главе 12 рассмотрены вопросы компоновки систем обеспечения безопасности и надежности, а также приведены способы защиты экипажа пилотируемого космического корабля от различных факторов.

Авторы выражают благодарность рецензентам: летчику-космонавту СССР, советнику президента ПАО РКК «Энергия» имени С.П. Королёва, кандидату технических наук А.П. Александрову и сотрудникам Московского авиационного института (национального исследовательского университета) — заведующему кафедрой «Космические системы и ракетостроение» члену-корреспонденту РАН, доктору технических наук профессору О.М. Алифанову заведующему кафедрой «Системы обеспечения жизнедеятельности и защиты ракетно-космических комплексов», кандидату технических наук В.С. Пигулину за ценные замечания.

Предлагаемая вниманию читателя книга относится к числу учебных изданий, входящих в серию «Вооружение и военная техника», ориентированную на изложение теоретических основ и прикладных задач базовых дисциплин, преподаваемых на кафедрах факультета специального машиностроения МГТУ им. Н.Э. Баумана.

ПРИНЯТЫЕ СОКРАЩЕНИЯ

АС МКС	— американский сегмент МКС
БА	— бортовая автоматика
БВК	— бортовой вычислительный комплекс
БВС	— бортовая вычислительная система
БКАУ	— бортовой комплекс автоматического управления
БНО	— баллистико-навигационное обеспечение
БО	— бытовой отсек
ВА	— возвращаемый аппарат
ВКД	— внекорабельная деятельность
ВНП	— вероятность неprobоя
ВОО	— высокая околоземная орбита
ГК	— грузовой корабль
ГКИ	— галактическое космическое излучение
ГОГУ	— главная оперативная группа управления
ДУ	— двигательная установка
ИГА	— искусственная газовая атмосфера
ИМО	— информационно-медицинское обеспечение
ИОДЭ	— информационное обеспечение деятельности экипажа
ИПТ	— инженерно-психологические требования
ИСЗ	— искусственный спутник Земли
ИСТ	— искусственная сила тяжести
ИТО	— информационно-телеметрическое обеспечение
КА	— космический аппарат
КДО	— контрольно-диагностическое обеспечение
КИК	— командно-измерительный комплекс
КПО	— командно-программное обеспечение
КЭС	— космическая эргономическая система
МИМ	— малый исследовательский модуль
МКС	— Международная космическая станция
МЛМ	— многофункциональный лабораторный модуль
МТКА	— многоразовый транспортный космический аппарат
НА	— научная аппаратура
НКУ	— наземный комплекс управления

НОО	—	низкая околоземная орбита
НУР	—	нормативный уровень радиации
НшС	—	нештатная ситуация
ОГБ	—	отделяемый головной блок
ОДЭ	—	ошибки, допущенные экипажем
ОИП	—	объекты искусственного происхождения
ОК	—	орбитальный комплекс
ОПС	—	орбитальная пилотируемая станция
ОС	—	орбитальная станция
ПКА	—	пилотируемый космический аппарат
ПК	—	пилотируемый корабль
ПКС	—	пилотируемая космическая станция
ПН	—	полезная нагрузка
ПОН	—	программа обеспечения надежности
ПРМ	—	переносное рабочее место
ПУ	—	пульт управления
РН	—	ракета-носитель
РПЗ	—	радиационный пояс Земли
РС МКС	—	российский сегмент МКС
РСУ	—	ручная система управления
РТК	—	радиотехнический комплекс
РТО	—	радиационный теплообменник
СА	—	спускаемый аппарат
САС	—	система аварийного спасения
СБ	—	солнечные батареи
СЖО	—	система жизнеобеспечения
СИО	—	система исполнительных органов
СКИ	—	солнечное космическое излучение
СКРО	—	система контроля радиационной обстановки
СМ	—	служебный модуль
СО	—	стыковочный отсек
СОБР	—	система обеспечения радиационной безопасности
СОВ	—	система подачи питьевой, санитарно-гигиенической и бытовой воды и удаления жидких отходов
СОГС	—	система обеспечения газового состава
СОИ	—	система отображения информации
СОП	—	система обеспечения продуктами питания и удаления твердых отходов
СОТР	—	система обеспечения теплового режима
СПО	—	система поддержки оператора
СПС	—	солнечное протонное событие
СПУ	—	система полуавтоматического управления

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие.....	5
Принятые сокращения	8
Введение.....	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

Часть I. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ КОМПОНОВКИ ПИЛОТИРУЕМОГО КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА

35

Глава 1. Организация пилотируемого космического полета	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
Глава 2. Человек в космическом полете	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

пилотируемых космических аппаратов	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

Глава 4. Блочно-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
Глава 5. Конструктивная компоновка обитаемых модулей	273
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
Глава 6. Построение космических комплексов	343
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
Глава 7. Компоновка ПКА с искусственной силой тяжести	402
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
Часть III. КОМПОНОВКА СИСТЕМ ПИЛОТИРУЕМОГО	
КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА	441
Глава 8. Компоновка обитаемого объема пилотируемого	
 космического аппарата	443
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
Глава 9. Компоновка зон внекорабельной деятельности	508
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
Глава 10. Компоновка постов управления.....	571
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
Глава 11. Компоновка оборудования системы жизнеобеспечения	614
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
Глава 12. Компоновка систем обеспечения безопасности пилотируемого космического аппарата	681
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