

УПРАВЛЕНИЕ  
КОСМИЧЕСКИМИ  
АППАРАТАМИ  
ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ  
*компьютерные технологии*



Москва  
"Машиностроение"  
1998

УДК 629.78

**Управление** космическими аппаратами зондирования Земли: Компьютерные технологии / *Д.И. Козлов, Г.П. Аншаков, Я.А. Мостовой, А.В. Соллогуб.* – М.:Машиностроение, 1998. – 368 с. – ISBN 5-217-02869-6.

Изложены принципы работы бортовых систем космических аппаратов зондирования и методы дистанционного зондирования поверхности Земли с использованием компьютерных технологий, базирующихся на многофункциональных бортовых вычислительных системах (БВС). Рассмотрены принципы построения БВС, принципы структурного построения комплексов бортового программного обеспечения (БПО) и технология их разработки, принципы организации вычислительного процесса БВС, модели и методы обеспечения надежности БПО, методы автономного и дистанционного восстановления работоспособности БПО и космического аппарата в целом.

Для научных работников. Будет полезна инженерам, занятым проектированием бортовых систем космических аппаратов, и студентам вузов соответствующих специальностей.

Библиогр.: 47 назв. Ил. 96. Табл. 6.

*Рецензент действительный член РАН В.П. ШОРИН*

ISBN 5-217-02869-6

© Д.И. Козлов, Г.П. Аншаков,  
Я.А. Мостовой, А.В. Соллогуб, 1998

# Оглавление

Предисловие .....	3
<b>Глава 1. Задачи зондирования поверхности Земли из космоса .....</b>	<b>4</b>
1.1. Космические аппараты зондирования .....	5
1.2. Конструкция космического аппарата зондирования .....	6
1.3. Основные понятия космической баллистики .....	16
1.4. Трасса полета космического аппарата и орбитальные маневры .....	22
1.5. Освещенность земной поверхности и элементов конструкции космического аппарата .....	29
1.6. Методы решения основных функциональных задач космического зондирования .....	35
1.7. Методы доставки информации зондирования на Землю .....	50
1.8. Задачи навигационного обеспечения полета космического аппарата зондирования .....	52
<b>Глава 2. Система управления космическими аппаратами         дистанционного зондирования поверхности Земли .....</b>	<b>63</b>
2.1. Структура и функции системы управления космическими аппаратами зондирования. Бортовой и наземный комплексы управления	64
2.2. Роль бортовых вычислительных средств в улучшении характеристик бортового комплекса управления .....	68
2.3. Временной график управления космическими аппаратами и схема навигационного обеспечения .....	72
2.4. Временная декомпозиция функциональных задач космических аппаратов .....	76
2.5. Принципы контроля работоспособности, технического диагностирования и аварийной защиты космических аппаратов зондирования .....	81
2.6. Системы телеметрического контроля и режимы их работы .....	89
2.7. Обобщенная модель восстановления работоспособности космических аппаратов .....	92
2.8. Методологические вопросы проектирования систем управления космическим аппаратом с бортовой вычислительной системой .....	104
2.9. Вычислительные сети и каналы передачи данных в системе управления космического аппарата зондирования .....	121

<b>Глава 3. Внешнее проектирование многофункциональной бортовой вычислительной системы космического аппарата зондирования</b> .....	<b>130</b>
3.1. Выбор архитектуры многофункциональной бортовой вычислительной системы космического аппарата зондирования .....	131
3.2. Выбор разрядности данных и вида их представления в бортовой вычислительной системе .....	139
3.3. Обеспечение надежности многофункциональной бортовой вычислительной системы в составе бортового комплекса управления космического аппарата .....	148
3.4. Проблемы защиты аппаратуры космического аппарата от сбоев бортовой вычислительной системы .....	167
3.5. Структура устройств ввода–вывода информации бортовой вычислительной системы .....	172
3.6. Структура межмашинных связей в бортовой вычислительной системе и задержки обмена по мультиплексному каналу информационного обмена	180
3.7. Контроль работоспособности бортовой вычислительной системы и проверка ее исправности .....	190
<b>Глава 4. Принципы организации вычислительного процесса в бортовой вычислительной системе космических аппаратов зондирования</b> .....	<b>197</b>
4.1. Динамическая асинхронная и статическая синхронная организация вычислительного процесса в бортовой вычислительной системе .....	198
4.2. Приоритетная динамическая асинхронная организация вычислительного процесса .....	204
4.3. Распределение приоритетов .....	220
<b>Глава 5. Технология разработки бортового программного обеспечения для бортовой вычислительной системы космических аппаратов</b> .....	<b>223</b>
5.1. Структура бортового программного обеспечения космического аппарата зондирования .....	225
5.2. Принципы и средства отладки бортового программного обеспечения космического аппарата зондирования .....	229
5.3. Технология разработки бортового программного обеспечения .....	240
5.4. Технологическая среда разработки программ бортового программного обеспечения .....	246
5.5. Технологический контроль исполнения программ .....	253
5.6. Технологическая защита информации при разработке бортового программного обеспечения .....	257

**Глава 6. Надежность функционирования бортового программного обеспечения и методы ее повышения . . . . . 259**

6.1. Анализ статистики ошибок бортового программного обеспечения космического аппарата . . . . .	259
6.2. Надежность функционирования бортового программного обеспечения космического аппарата . . . . .	266
6.3. Методы обеспечения и повышения надежности бортового программного обеспечения космического аппарата . . . . .	269
6.4. Модель вероятности проявления ошибок в программном обеспечении бортовой вычислительной системы . . . . .	275
6.5. Некоторые математические модели оптимизации отладки бортового программного обеспечения . . . . .	279
6.6. Оперативная дистанционная коррекция бортового программного обеспечения как метод повышения его надежности . . . . .	284

**Глава 7. Проектирование программных комплексов бортового программного обеспечения для систем управления космического аппарата зондирования . . . . . 297**

7.1. Исследования по статистике программ бортового программного обеспечения космического аппарата зондирования . . . . .	298
7.2. Трансформационная сложность программ бортового программного обеспечения . . . . .	302
7.3. Оценка размера программного комплекса бортового программного обеспечения . . . . .	306
7.4. Модель структуры программного комплекса и обобщенные характеристики его сложности . . . . .	314
7.5. Трансформационная и структурная сложность программного комплекса и трудоемкость его разработки . . . . .	319
7.6. Определение размера программного комплекса имитационных моделей бортовой аппаратуры и движения космического аппарата, используемых для отладки бортового программного обеспечения на наземных отладочных комплексах . . . . .	325
7.7. Оценка производительности при разработке сложных программных комплексов бортового программного обеспечения космического аппарата . . . . .	329

<b>Глава 8. Космические аппараты зондирования и проблемы информационных технологий</b> .....	<b>336</b>
8.1. Проблемные вопросы информационных технологий контура управления космических систем зондирования .....	338
8.2. Проблемные вопросы информационных технологий целевого информационного контура .....	344
8.3. Фундаментальные и прикладные проблемы зондирования земной поверхности из космоса .....	350
<b>Список литературы</b> .....	<b>360</b>