

**Труды Всероссийской  
научно-технической  
конференции  
"Актуальные  
проблемы  
ракетно-космического  
приборостроения и  
информационных  
технологий"**



МОСКВА  
ФИЗМАТЛИТ ®

## СОДЕРЖАНИЕ

Информация об авторах . . . . .	8
Введение . . . . .	13
Пленарные доклады . . . . .	17
Российская часть международной системы MEOSAR. <i>И. В. Никушкин, В. А. Архангельский, В. И. Рогальский, А. С. Суринов</i> . . . . .	18
Принципы создания бортовой командно-измерительной системы со сроком активного существования 15 лет для перспективных КА. <i>Н. Н. Булгаков, Н. И. Жамалетдинов, А. А. Кривошеин, В. П. Соколов, Е. А. Воронков</i> . . . . .	27
Тенденции развития современных комплексов управления полетом космических аппаратов. <i>А. В. Круглов</i> . . . . .	33
Общие тенденции развития датчикостроения. Достоинства и особенности микросистемотехнических технологий приборостроения. Проблемы и решения. <i>Е. А. Мокров, Д. В. Лебедев</i> . . . . .	37
Обеспечение стойкости радиоэлектронной аппаратуры космических аппаратов к естественным ионизирующим излучениям космического пространства на информационном, структурно-технологическом и методологическом уровнях. <i>В. С. Анашин</i> . . . . .	46
<b>Секция 1. ГЛОНАСС, системы связи и ретрансляции, поиска и спасания.</b> . . . . .	53
Об организации единой системы информационно-баллистического обеспечения потребителей базовыми начальными условиями движения КА. <i>А. А. Фурсов, А. П. Фурсов</i> . . . . .	55
Измерение интермодуляционных искажений в усилителях мощности СВЧ-сигналов. <i>Л. А. Белов, В. М. Рожков, Д. А. Филиных, О. А. Челноков</i> . . . . .	59
Формирование сигналов с восьмипозиционной манипуляцией фазы на основе цифро-аналогового преобразования. <i>А. Н. Карутин, А. С. Кондрашов</i> . . . . .	68
Глобальная модель ионосферных задержек радиосигнала на основе сети одночастотных приемников ГНСС. <i>А. В. Новиков, А. А. Романов, А. А. Романов</i> . . . . .	75
Алгоритм синтеза сверхширокополосной зеркальной антенны. <i>А. В. Зайцев, А. В. Халла, О. Ю. Гришаев</i> . . . . .	80

Секция 2. <b>Системы и технологии ДЗЗ и спутникового мониторинга</b> . . . . .	89
Решение теоретических и практических задач метрологического обеспечения многозонального сканирующего устройства МСУ-МР в ИК-диапазоне спектра. <i>Ю. М. Гектин, А. В. Романов, М. Б. Смелянский, И. П. Цветкова</i> . . . . .	91
СВЧ-радиометр МТВЗА-ГЯ спутника «Метеор-М» №1. <i>И. А. Барсуков, В. В. Болдырев, П. А. Ильгасов, О. В. Никитин, В. Ю. Панцов, Ю. Н. Прохоров, Н. И. Стрельников, А. М. Стрельцов, И. В. Черный, Г. М. Чернявский, В. В. Яковлев</i> . . . . .	99
Особенности разработки программно-математического обеспечения бортовой информационной системы передачи изображения по радиолинии метрового диапазона (LRPT). <i>Е. В. Нестерова, М. Ю. Белякова, Д. Ю. Романова</i> . . . . .	108
Исследование климата лесных экосистем в дециметровом диапазоне с космического аппарата МКА-ФКИ №1. <i>Н. А. Арманд, А. Г. Гранков, А. А. Мильшин, Ю. Г. Тищенко, Н. К. Шелобанова</i> . . . . .	115
Использование СВЧ-радиометров космических аппаратов Метеор-М №1 и МКА-ФКИ №1 для анализа теплового и динамического взаимодействия океана и атмосферы на различных временных масштабах. <i>Н. А. Арманд, А. Г. Гранков, А. А. Мильшин, Ю. Г. Тищенко, И. В. Черный</i> . . . . .	122
Контроль состояния поверхности тундры и мерзлых почв в дециметровом диапазоне с космического аппарата МКА-ФКИ №1. <i>Н. А. Арманд, А. Г. Гранков, А. А. Мильшин, Ю. Г. Тищенко, Н. К. Шелобанова</i> . . . . .	129
Цикл работ по созданию бортовых излучателей на фазовых переходах материалов для контроля стабильности аппаратуры наблюдения Земли в тепловом ИК-диапазоне длин волн. <i>А. С. Панфилов, А. А. Бурдакин, С. П. Морозова, С. А. Огарев, В. В. Раков, Б. Б. Хлевной, В. И. Саприцкий</i> . . . . .	137
Методы обеспечения стабильности спектральных границ в широкоугольных оптико-электронных сканирующих системах. <i>М. Б. Смелянский, А. М. Соловьев</i> . . . . .	144
Результаты разработки многоканальных сканирующих радиометров космического базирования. <i>И. В. Брагин, В. П. Сгибнев, Б. Н. Савин, Е. Л. Елизаветова, В. И. Гусевский, И. В. Истяков, Т. Ф. Иодко, И. А. Желтиков, А. А. Морозов</i> . . . . .	151
Облик орбитальной группировки перспективной космической системы мониторинга для прогноза опасных природных явлений. <i>В. В. Карпов</i> . . . . .	160
Секция 3. <b>Наземные комплексы управления и системы</b> . . . . .	167
Наземный комплекс приема и обработки информации (НК-ПОИ-МВ). <i>О. В. Зайцев, В. А. Благодырёв, О. Е. Хромов</i> . . . . .	169
Оценка величины временной задержки дальномерного сигнала в бортовой аппаратуре измерительной системы. <i>В. А. Рыбалко, А. С. Сёмочкин, В. П. Соколов</i> . . . . .	175

---

Методика определения зон обзора сложных антенных систем КА для обеспечения исходных данных планирования работы бортовой и наземной аппаратуры. <i>В. В. Деменко, В. С. Калинин</i> . . . . .	181
Алгоритмы сжатия данных и прогнозирования внештатных ситуаций при управлении КА на основе ИНС. <i>Ю. А. Гвоздяков, В. М. Ватутин, В. М. Снегирев, А. В. Круглов, Ю. И. Полтавец, Н. Е. Тимошина, В. Ф. Заднепровский, В. М. Хачумов, В. П. Фраленко</i> . . . . .	187
Международные стандарты — основа построения перспективных КИС. <i>П. В. Генералов, А. В. Круглов, В. М. Ватутин, Н. Е. Тимошина, В. Ф. Заднепровский, Е. П. Куршев, А. Н. Виноградов, В. М. Хачумов</i> . . . . .	195
Прогнозирование надежности КИС и их элементов с использованием аппарата ИНС. <i>П. В. Генералов, С. В. Смирнов, В. М. Ватутин, А. В. Круглов, Н. Е. Тимошина, В. М. Хачумов</i> . . . . .	202
Алгоритмы и средства встроенной диагностики и прогнозирования технического состояния, автоматического восстановления работоспособности аппаратуры НС КИС с выдачей необходимой контрольной и прогнозной информации на средства отображения. <i>П. В. Генералов, А. В. Круглов, В. М. Ватутин, Н. Е. Тимошина, В. Ф. Заднепровский, Е. П. Куршев, А. Н. Виноградов, В. М. Хачумов</i> . . . . .	210
Фильтрация аномальных измерений при подготовке исходных данных для экспресс-анализа по ракете-носителю «Союз-2». <i>В. А. Каргин, Д. А. Николаев</i> . . . . .	215
Интеллектуальный интерфейс и его использование в системах мониторинга состояния ракеты-носителя на активном участке траектории. <i>М. Ю. Охтилев, А. Ю. Россиев, С. А. Заозерский, В. В. Киселев, А. Н. Абалаков, А. А. Харлан</i> . . . . .	221
Алгоритмы помехоустойчивого кодирования, обеспечивающие минимальную вероятность ошибочного приема информации в радиолинии. <i>П. В. Генералов, А. В. Круглов, В. М. Ватутин, С. Н. Кириллов, В. Т. Дмитриев, Д. Е. Крысяев</i> . . . . .	228
<b>Секция 4. Бортовые специальные системы, проблемы конструирования, технологии производства и качества РЭА</b> . . . . .	<b>233</b>
Разработка технологии изготовления паяных несущих конструкций радиоэлектронной аппаратуры из титана и его сплавов методом высокотемпературной пайки в вакууме припоем СТЕМЕТ 1201. <i>О. Г. Полкова, М. С. Арапова</i> . . . . .	235
Контроль качества аппаратуры при помощи рентгеноскопической системы. <i>Л. А. Ширяева, А. В. Бровкин</i> . . . . .	243
Микроразмерные структуры для микрофлюидных устройств космического приборостроения и информационных систем. <i>Е. А. Гринькин, А. А. Жуков, С. А. Жукова, И. В. Чурило</i> . . . . .	251

Секция 5. <b>АСУ, информационные технологии и системы мониторинга</b> . . . . .	257
Система поддержки принятия решений на этапе заправки РКН. <i>М. Г. Павловский, Г. В. Разумовский</i> . . . . .	259
Технологические аспекты реализации трехмерной графики в МСВС. <i>А. Г. Разумовский, С. А. Романенко</i> . . . . .	264
Научно-методическое обеспечение обработки и анализа измерительной информации при испытаниях. <i>В. И. Кузнецов</i> . . . . .	269
Принципы построения системы обработки информации о состоянии программно-технических средств приемных комплексов. <i>А. А. Косарев</i> . . . . .	276
Программные средства для обеспечения автоматизации проведения проверок бортовых ретрансляторов при испытаниях. <i>В. В. Арутюнов</i> . . . . .	279
Структура и построение комплекса программ детального отображения движения и ориентации КА с использованием технологий 3D-графики. <i>В. С. Калинин, В. В. Деменко</i> . . . . .	284
Актуальные вопросы моделирования глобальной информационно-управляющей сети как объекта сетевидного взаимодействия. <i>О. А. Алексеев, А. С. Мовляв, Г. А. Ревяков</i> . . . . .	290
Секция 6. <b>Системы для космических исследований, новые технологии в космосе</b> . . . . .	299
Исследование параметров относительного движения МКА и КА, входящих в спутниковую систему связи «Глобалстар». <i>С. А. Сергеев, Ю. В. Миронов</i> . . . . .	301
Длинноволновый радар для дистанционного зондирования грунта Фобоса в проекте «Фобос-Грунт». <i>Н. А. Арманд, В. М. Смирнов, В. Н. Марчук, О. В. Юшкова, В. В. Абрамов, А. С. Бажанов</i> . . . . .	308
Систематические погрешности оптимального дискриминатора для измерения степени взволнованности морской поверхности с борта космического аппарата. <i>Б. Ю. Гришечкин, В. А. Терехов, А. И. Баскаков</i> . . . . .	316
Методика и алгоритмизация автоматизированного сбора и обработки данных радиопросвечивания ионосферы сигналами низкоорбитальных навигационных космических аппаратов. <i>С. В. Трусов, А. А. Романов, А. А. Романов</i> . . . . .	325
Бортовые антенны с теплозащитой и термостабильными характеристиками для спускаемых аппаратов. <i>И. В. Брагин, В. П. Сгибнев, И. В. Истяков, Е. Л. Елизаветова, Б. Н. Савин</i> . . . . .	334
Автоматическое сопровождение космического аппарата на плазменном участке полета по шумовому сигналу следа. <i>И. В. Брагин, И. В. Истяков, В. А. Пермяков, В. П. Сгибнев</i> . . . . .	342
Выбор технологических процессов изготовления актюаторов для микросистем с адаптивно изменяемыми оптическими характеристиками. <i>А. А. Жуков, А. С. Корпунин, А. С. Селиванов</i> . . . . .	352

---

Шунтирующие диоды для каскадных фотопреобразователей на основе соединений $A_3B_5$ . <i>А. А. Басовский, Л. В. Анурова, Е. С. Кузьменко, Г. А. Исакова, Т. Н. Древаль, С. Н. Безушенко, А. В. Капустян . . . .</i>	357
Физико-технологические проблемы создания высокоточных полупроводниковых датчиков давления нового поколения с выходным сигналом в цифровом виде для информационно-измерительных, управляющих и диагностических систем. <i>Л. В. Соколов, А. А. Жуков, А. В. Капустян . . . . .</i>	364
Возможности применения наноструктурных материалов и элементов в составе изделий космической техники. <i>Л. С. Новиков, Е. Н. Воронина, В. Н. Милеев, В. В. Синолиц . . . . .</i>	368

## Информация об авторах

1. *Абалаков Алексей Николаевич*, ЗАО «СКБ Орион».
2. *Абрамов Владимир Валентинович*, канд. техн. наук, ФГУП СКБ ИРЭ РАН.
3. *Алексеев Олег Александрович*, д-р техн. наук, профессор, ФГУП «РНИИ КП».
4. *Анашин Василий Сергеевич*, канд. техн. наук, ФГУП «НИИ КП».
5. *Анурова Любовь Владимировна*, ФГУП «РНИИ КП».
6. *Арапова Мария Сергеевна*, ФГУП «РНИИ КП».
7. *Арманд Неон Александрович*, д-р техн. наук, профессор, ФИРЭ РАН.
8. *Архангельский Вячеслав Андреевич*, канд. техн. наук, ФГУП «РНИИ КП».
9. *Арутюнов Вадим Викторович*, ФГУП «РНИИ КП».
10. *Бажанов Анатолий Серафимович*, ФГУП СКБ ИРЭ РАН.
11. *Барсуков Игорь Александрович*, ФГУП «РНИИ КП».
12. *Баскаков Александр Ильич*, д-р техн. наук, профессор, ГОУВПО «МЭИ (ТУ)».
13. *Басовский Андрей Андреевич*, канд. техн. наук, ФГУП «РНИИ КП».
14. *Безушенко Сергей Николаевич*, ФГУП «РНИИ КП».
15. *Белов Леонид Алексеевич*, канд. техн. наук, профессор, ГОУВПО «МЭИ (ТУ)».
16. *Белякова Марина Юрьевна*, ФГУП «РНИИ КП».
17. *Благодырёв Владимир Александрович*, канд. техн. наук, ст. науч. сотр., ФГУП «РНИИ КП».
18. *Болдырев Владимир Владимирович*, ФГУП «РНИИ КП».
19. *Брагин Иван Вениаминович*, канд. техн. наук, ФГУП ОКБ МЭИ.
20. *Бровкин Андрей Викторович*, ФГУП «РНИИ КП».
21. *Булгаков Николай Николаевич*, ФГУП «РНИИ КП».
22. *Бурдакин Андрей Александрович*, ВНИИОФИ.
23. *Ватутин Владимир Михайлович*, ФГУП «РНИИ КП».
24. *Воронина Екатерина Николаевна*, НИИЯФ МГУ.
25. *Воронков Евгений Александрович*, ФГУП «РНИИ КП».
26. *Гвоздяков Юрий Александрович*, ФГУП «РНИИ КП».
27. *Гектин Юрий Михайлович*, канд. техн. наук, ФГУП «РНИИ КП».

28. *Генералов Павел Вячеславович*, ФГУП «РНИИ КП».
29. *Гранков Александр Георгиевич*, д-р физ.-мат. наук, ФИРЭ РАН.
30. *Гринькин Евгений Анатольевич*, ФГУП «РНИИ КП».
31. *Гришаев Олег Юрьевич*, ФГУП «РНИИ КП».
32. *Гришечкин Борис Юрьевич*, ФГУП «РНИИ КП».
33. *Гусевский Владлен Ильич*, д-р техн. наук, ФГУП ОКБ МЭИ.
34. *Деменко Виктор Валерьевич*, ФГУП «РНИИ КП».
35. *Дмитриев Владимир Тимурович*, канд. техн. наук, РГРТУ.
36. *Древаль Татьяна Николаевна*, ФГУП «РНИИ КП».
37. *Елизаветова Елена Леонидовна*, ФГУП ОКБ МЭИ.
38. *Жамалетдинов Наим Исмаилович*, ФГУП «РНИИ КП».
39. *Жёлтиков Игорь Александрович*, ФГУП ОКБ МЭИ.
40. *Жуков Андрей Александрович*, д-р техн. наук, доцент, ФГУП «РНИИ КП».
41. *Жукова Светлана Александровна*, канд. техн. наук, ФГУП «НИФХИ им. Л. Я. Карпова».
42. *Заднепровский Вадим Федорович*, ИПС РАН.
43. *Зайцев Александр Владимирович*, канд. техн. наук, доцент, ВА ВПВО ВС РФ.
44. *Зайцев Олег Владимирович*, ФГУП «РНИИ КП».
45. *Заозерский Сергей Анатольевич*, ЗАО «СКБ Орион».
46. *Ильгасов Павел Александрович*, ФГУП «РНИИ КП».
47. *Иодко Тамара Федоровна*, ФГУП ОКБ МЭИ.
48. *Исакова Галина Александровна*, ФГУП «РНИИ КП».
49. *Истяков Игорь Владимирович*, ФГУП ОКБ МЭИ.
50. *Калинин Виталий Сергеевич*, ФГУП «РНИИ КП».
51. *Капустян Андрей Владимирович*, ФГУП «РНИИ КП».
52. *Каргин Виктор Александрович*, канд. техн. наук, ЗАО «СКБ ОРИОН».
53. *Карпов Владимир Владимирович*, д-р воен. наук, ВА РВСН им. Петра Великого.
54. *Карутин Андрей Николаевич*, ФГУП «РНИИ КП».
55. *Кириллов Сергей Николаевич*, д-р. техн. наук, профессор, РГРТУ.
56. *Киселев Владимир Витальевич*, ЗАО «СКБ Орион».
57. *Кондрашов Александр Сергеевич*, ФГУП «РНИИ КП».
58. *Корпухин Андрей Сергеевич*, ФГУП «РНИИ КП».
59. *Косарев Алексей Андреевич*, ФГУП «РНИИ КП».
60. *Кривошеин Александр Анатольевич*, ФГУП «РНИИ КП».
61. *Круглов Александр Викторович*, д-р техн. наук, ФГУП «РНИИ КП».
62. *Крысяев Дмитрий Евгеньевич*, РГРТУ.



63. *Кузнецов Валерий Иванович*, канд. техн. наук, ст. науч. сотр. ОАО «ВИКОР».
64. *Кузьменко Елена Сергеевна*, ФГУП «РНИИ КП».
65. *Куришев Евгений Петрович*, канд. техн. наук, ИПС РАН.
66. *Лебедев Дисан Васильевич*, канд. техн. наук, ФНПЦ ФГУП «НИИ ФИ».
67. *Марчук Василий Николаевич*, ФИРЭ РАН.
68. *Милеев Валерий Николаевич*, канд. физ.-мат. наук НИИЯФ МГУ.
69. *Мильшин Александр Алексеевич*, ФИРЭ РАН.
70. *Миронов Юрий Вячеславович*, д-р техн. наук, ВИКУ им. А. Ф. Можайского.
71. *Мовляв Алексей Станиславович*, ФГУП «РНИИ КП».
72. *Мокров Евгений Алексеевич*, д-р техн. наук, профессор, академик Российской академии космонавтики им. К.Э. Циолковского, ФГУП «НИИ ФИ».
73. *Морозов Александр Александрович*, канд. техн. наук, ФГУП ОКБ МЭИ.
74. *Морозова Светлана Петровна*, канд. техн. наук, ВНИИОФИ.
75. *Нестерова Елена Владимировна*, ФГУП «РНИИ КП».
76. *Никитин Олег Владимирович*, ФГУП «РНИИ КП».
77. *Николаев Дмитрий Андреевич*, ЗАО «СКБ ОРИОН».
78. *Никушкин Игорь Васильевич*, ФГУП «РНИИ КП».
79. *Новиков Алексей Васильевич*, ФГУП «РНИИ КП».
80. *Новиков Лев Симонович*, д-р физ.-мат. наук, профессор, НИИЯФ МГУ.
81. *Огарев Сергей Александрович*, канд. техн. наук, ВНИИОФИ.
82. *Охтилев Михаил Юрьевич*, д-р техн. наук, профессор, ЗАО «СКБ Орион».
83. *Павловский Михаил Григорьевич*, ОАО «НИЦ СПб ЭТУ».
84. *Панфилов Александр Семенович*, канд. техн. наук, ст. науч. сотр., ВНИИОФИ.
85. *Панцов Вячеслав Юрьевич*, ФГУП «РНИИ КП».
86. *Пермяков Валерий Александрович*, д-р техн. наук, ФГУП ОКБ МЭИ.
87. *Полтавец Юрий Иванович*, ФГУП «РНИИ КП».
88. *Попкова Ольга Геннадьевна*, ФГУП «РНИИ КП».
89. *Прохоров Юрий Николаевич*, ФГУП «РНИИ КП».
90. *Разумовский Геннадий Васильевич*, канд. техн. наук, доцент, ОАО «НИЦ СПб ЭТУ».
91. *Раков Валерий Васильевич*, канд. техн. наук, ст. науч. сотр., ВНИИОФИ.
92. *Ревяков Геннадий Алексеевич*, ФГУП «РНИИ КП».
93. *Рогальский Владислав Иванович*, канд. техн. наук, доцент, ФГУП «РНИИ КП».
94. *Рожков Владимир Макарович*, канд. техн. наук, доцент, ФГУП «РНИИ КП».

95. *Романенко Сергей Александрович*, канд. техн. наук, ОАО «НИЦ СПб ЭТУ».
96. *Романов Александр Алексеевич*, канд. физ.-мат. наук, ФГУП «РНИИ КП».
97. *Романов Алексей Александрович*, д-р техн. наук, профессор, ФГУП «РНИИ КП».
98. *Романов Андрей Викторович*, ФГУП «РНИИ КП».
99. *Романова Диана Юрьевна*, ФГУП «РНИИ КП».
100. *Россиев Андрей Юрьевич*, ЗАО «СКБ ОРИОН».
101. *Рыбалко Василий Александрович*, ФГУП «РНИИ КП».
102. *Савин Борис Николаевич*, ФГУП ОКБ МЭИ.
103. *Саприцкий Виктор Ильич*, д-р техн. наук, профессор, ВНИИОФИ.
104. *Сгибнев Владимир Петрович*, канд. техн. наук, ФГУП ОКБ МЭИ.
105. *Селиванов Арнольд Сергеевич*, д-р техн. наук, профессор, ФГУП «РНИИ КП».
106. *Семочкин Алексей Сергеевич*, ФГУП «РНИИ КП».
107. *Сергеев Сергей Александрович*, канд. воен. наук, ФГУП «РНИИ КП».
108. *Синолиц Вадим Викторович*, НИИЯФ МГУ.
109. *Смелянский Михаил Борисович*, ФГУП «РНИИ КП».
110. *Смирнов Владимир Михайлович*, канд. физ.-мат. наук, ФИРЭ РАН.
111. *Смирнов Сергей Владимирович*, ФГУП «РНИИ КП».
112. *Снегирев Владимир Михайлович*, канд. техн. наук, ФГУП «РНИИ КП».
113. *Соколов Владимир Павлович*, канд. техн. наук, ст. науч. сотр., ФГУП «РНИИ КП».
114. *Соколов Леонид Владимирович*, д-р техн. наук, ФГУП «НИИ АО».
115. *Соловьев Алексей Михайлович*, ФГУП «РНИИ КП».
116. *Стрельников Николай Иванович*, ФГУП «РНИИ КП».
117. *Стрельцов Андрей Михайлович*, ФГУП «РНИИ КП».
118. *Суринов Анатолий Серафимович*, канд. техн. наук, «РНИИ КП».
119. *Терехов Владимир Алексеевич*, ГОУВПО «МЭИ (ТУ)».
120. *Тимошина Нина Евгеньевна*, ФГУП «РНИИ КП».
121. *Тищенко Юрий Григорьевич*, канд. техн. наук, ст. науч. сотр., ФИРЭ РАН.
122. *Трусов Сергей Викторович*, ФГУП «РНИИ КП».
123. *Филиных Дмитрий Андреевич*, ГОУВПО «МЭИ (ТУ)».
124. *Фраленко Вадим Петрович*, ИПС РАН.
125. *Фурсов Альберт Петрович*, канд. техн. наук, ст. науч. сотр., ФГУП «РНИИ КП».
126. *Фурсов Андрей Альбертович*, ФГУП «РНИИ КП».
127. *Халла Александр Владимирович*, ВА ВПВО ВС РФ.

128. Харлан Александр Анатольевич, ЗАО «СКБ Орион».
129. Хачумов Вячеслав Михайлович, ИПС РАН.
130. Хлевной Борис Борисович, канд. техн. наук, ВНИИОФИ.
131. Хромов Олег Евгеньевич, канд. техн. наук, ФГУП «РНИИ КП».
132. Цветкова Ирина Петровна, ФГУП «РНИИ КП».
133. Челноков Олег Антонинович, д-р техн. наук, профессор, ФГУП «РНИИ КП».
134. Черный Игорь Владимирович, д-р техн. наук, ФГУП «РНИИ КП».
135. Чернявский Григорий Маркелович, д-р техн. наук, чл.-корр. РАН, ФГУП «РНИИ КП».
136. Чурило Игорь Владимирович, канд. техн. наук, ОАО «РКК “Энергия”» им. С. П. Королева.
137. Шелобанова Надежда Константиновна, ФИРЭ РАН.
138. Ширяева Любовь Александровна, ФГУП «РНИИ КП».
139. Юшкова Ольга Вячеславовна, ФИРЭ РАН.
140. Яковлев Виталий Витальевич, канд. физ.-мат. наук, ФГУП «РНИИ КП».

## Введение

В настоящее время в стране уделяется особое внимание созданию информационных космических систем. С этой целью предприятия ракетно-космической отрасли формируют опережающий научно-технический задел, необходимый для разработки служебных модулей и целевых приборов перспективных космических комплексов с длительными сроками активного существования. В связи с этим разрабатывается комплексная целевая программа развития космического приборостроения на 2009–2015 гг. Учитывая исключительную важность этой программы, особенно в части повышения качества и надежности создаваемой аппаратуры и переоснащения научно-производственных баз приборостроительных предприятий под микросистемотехнические и микрооптосистемотехнические технологии, в целях повышения научно-технического уровня разработок, обмена информацией и опытом их внедрения в системы и образцы ракетно-космической техники, а также развития творческой инициативы научных инженерных кадров отрасли на базе Федерального государственного унитарного предприятия «Российский научно-исследовательский институт космического приборостроения» (ФГУП «РНИИ КП») с 28 по 30 апреля 2008 года под эгидой Федерального космического агентства проведена Всероссийская научно-техническая конференция «Актуальные проблемы ракетно-космического приборостроения и информационных технологий».

Начиная с первого искусственного спутника Земли ФГУП «РНИИ КП» разрабатывает и реализует радиотехнические системы связи и управления для большинства космических аппаратов России. В ходе их разработки, создания и последующей эксплуатации накоплен богатейший опыт, позволяющий предприятию удерживать лидирующие позиции в ракетно-космическом приборостроении, в создании, развитии и эксплуатации современной космической аппаратуры и информационных систем.

За более чем 60-летнюю историю предприятия его учеными и специалистами были освоены новейшие направления радиоэлектроники, системотехники, космические и информационные технологии, что позволило создать целый ряд прогрессивных для своего времени бортовых и наземных комплексов.

Аппаратура ФГУП «РНИИ КП» обеспечила надежное управление пилотируемыми космическими аппаратами и станциями: «Союз», «Салют», «Мир», использовалась при проведении исследований Луны, Венеры, Марса и других планет.

Созданная при головной роли предприятия система КОСПАС-САРСАТ ныне объединяет 40 стран и организаций-участниц, число спасенных с ее помощью граждан всего мира, попавших в катастрофы на море, суше и в воздухе, превысило 20 тысяч.

Сегодня ФГУП «РНИИ КП» определено головной организацией по глобальной навигационной системе ГЛОНАСС, ответственной за ее создание, развитие и целевое использование, включая функциональные дополнения, аппаратуру потребителей и наземный комплекс управления системой. Решением Роскосмоса на предприятие также возложены функции головной организации отрасли по созданию и использованию навигационно-информационных систем.

ФГУП «РНИИ КП» — участник крупных международных проектов, в ходе которых созданы средства управления и приема телеметрической информации для плавучего космодрома Sea Launch, создана аппаратура управления и передачи данных для космических аппаратов международных программ изучения космического пространства «Астрон», «Гранат», «Интербол», «Спектр», созданы бортовые комплексы управления и телеметрии для служебного модуля международной космической станции, модернизирован наземный комплекс управления станцией и грузовыми кораблями, создана система передачи телевизионной специальной информации.

Научная составляющая решаемых сегодня на предприятиях космического приборостроения задач составила основу большинства выступлений как на пленарном заседании, так и в ходе работы секций по следующей тематике:

- Глобальная навигационная спутниковая система ГЛОНАСС;
- Системы связи и ретрансляции;
- Системы поиска и спасания;
- Системы и технологии ДЗЗ и спутникового мониторинга;
- Наземные комплексы управления и системы;
- Бортовые специальные системы;
- Проблемы конструирования, технологии производства и качества РЭА;
- АСУ, информационные технологии и системы мониторинга;
- Системы для космических исследований;
- Новые технологии в космосе.

Впервые в этом году ежегодная научно-техническая конференция предприятия получила статус Всероссийской. В ее проведении приняли

участие 265 ученых и специалистов в области космического приборостроения. В ходе заседаний апробированы разработки 51 предприятия Роскосмоса, Российской академии наук, Минобороны России, Роспрома, Рособразования, Роскартографии, Ростехрегулирования, а также коммерческих организаций из девяти регионов России.

Пленарные доклады конференции были посвящены вопросам современного состояния и перспективам развития ГЛОНАСС, развития наземных комплексов управления полетом космических аппаратов, обеспечения 15-летнего срока активного существования бортовой аппаратуры, тенденциям датчикоостроения на современном этапе, проблемам обеспечения качества данных российских космических систем наблюдения Земли, результатам разработки международной системы MEOSAR и обеспечению стойкости радиоэлектронной аппаратуры космических аппаратов к естественным ионизирующим излучениям космического пространства.

В области ГЛОНАСС, систем связи и ретрансляции наибольший интерес вызвали вопросы построения автономных программных систем обработки цифровой информации навигационного кадра, моделям ионосферных задержек радиосигнала, организации единой системы информационно-баллистического обеспечения потребителей базовыми начальными условиями движения КА.

В области систем и технологий ДЗЗ интерес вызвали выступления, посвященные решению теоретических и практических задач метрологического обеспечения многозонального сканирующего устройства МСУ-МР в ИК-диапазоне, рассмотрению СВЧ-радиометра МТВЗА-ГЯ КА «Метеор-М» № 1, особенностям разработки ПМО бортовой информационной системы передачи изображения по радиолинии метрового диапазона.

В области совершенствования наземного комплекса управления — вопросы создания измерительного комплекса космодрома «Восточный», нового наземного комплекса приема и обработки информации, планирования работы аппаратуры и прогнозирования нештатных ситуаций при управлении КА.

В области проблем конструирования и технологий производства и обеспечения качества РЭА — вопросы применения новых элементов питания для систем электроснабжения КА, технологии изготовления паяных несущих конструкций из титана и его сплавов, современные методы контроля сборки и радиационного тестирования создаваемых бортовых приборов и их влияние на долговечность изделий.

Большой интерес вызвали выступления, посвященные космическим исследованиям и новым технологиям в космосе. Среди них: ветер на поверхности Венеры, новые технологии управления КА с помощью технологических наноспутников, сбор и обработка данных радиопросвечивания атмосферы сигналами навигационных КА, прецизионное определение текущей высоты полета с борта КА радиолокационным методом и др.

Организационный комитет конференции выражает благодарность всем принявшим участие в подготовке и проведении конференции, а также Российскому фонду фундаментальных исследований за поддержку в издании ее материалов (проект 08-07-13401).

*Генеральный директор — генеральный конструктор ФГУП «РНИИ КП»,  
председатель организационного комитета конференции  
доктор технических наук, профессор Ю. М. Урличич*

## **Пленарные доклады**



## **Российская часть международной системы MEOSAR**

И. В. Никушкин, В. А. Архангельский, В. И. Рогальский,  
А. С. Суринов

ФГУП «РНИИ КП» (г. Москва)

### **1. Станция Контроля бортового радиокomплекса спасания среднеорбитальных ИСЗ**

В 2009 г. Россия планирует ввести в строй Станцию Контроля (СК СО) состояния БРКС среднеорбитальных ИСЗ систем GPS и ГЛОНАСС.

С 1985 г. в Москве работает Станция Контроля состояния бортовых радиокomплексов поиска и спасания (БРКС) ИСЗ КОСПАС и САРСАТ. Используется антенна диаметром 1,3 м и комплект аппаратуры на базе аппаратуры СПОИ НО. Для контроля БРКС на СО ИСЗ «Глонасс-К» и GPS II (GPS III) на Станции Контроля устанавливается антенна диаметром 3,8 м и комплект аппаратуры, аналогичный аппаратуре одной из четырех стоек у СПОИ СО. СК СО принимает посылку АРБ-406 и измеряет значения времени задержки и доплеровского смещения частоты от АРБ-406, а также производит оценку помеховой обстановки на частоте 406 МГц в зоне совместной видимости АРБ-406 – БРК СО – СК СО.

В состав СК СО входят:

- антенный пост с диаметром рефлектора 3,8 м;
- внешнее приемное устройство;
- аналого-цифровой приемник;
- навигационный приемник сигналов глобально-навигационных систем ГЛОНАСС и GPS;

СК СО должна обеспечивать:

- прием сигналов от аварийных радиобуев 406 МГц системы КОСПАС-САРСАТ, ретранслированных бортовым радиотехническим комплексом КА «Глонасс-К», Galileo, GPS (block III) на частоте несущей  $1544,8 + 0,5$  МГц и КА GPS (block II) на частоте несущей  $2226,5 \pm 0,1$  МГц;
- измерение частоты Доплера сигналов АРБ-406 с точностью не ниже  $\pm 0,1$  Гц, приведенное ко входу БРКС;

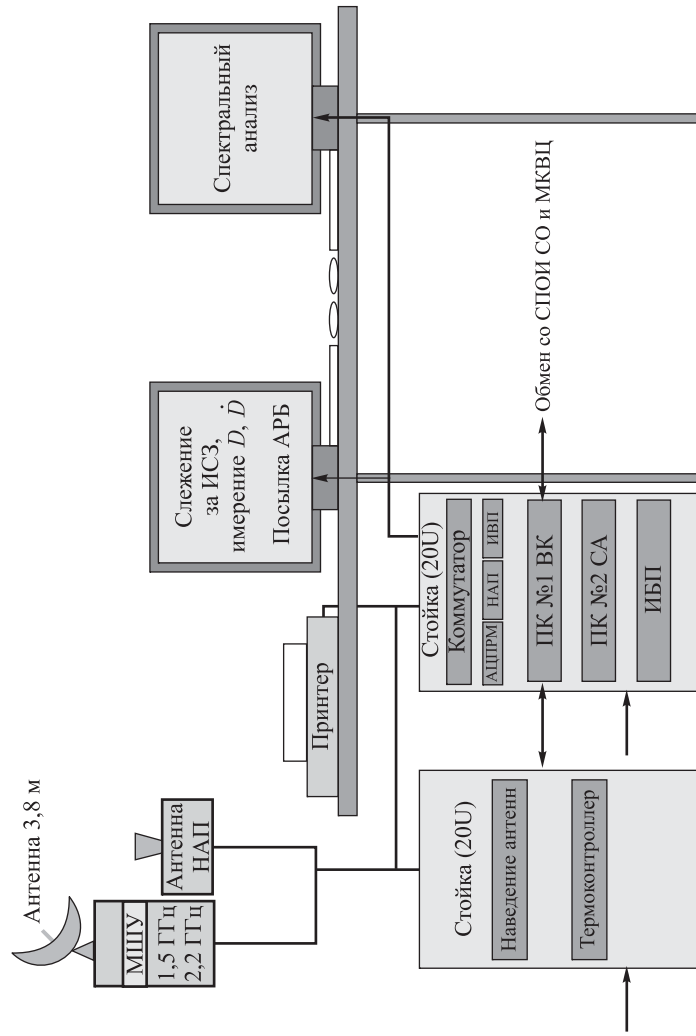


Рис. 1. Состав Станции Контроля БРКС СО ИСЗ: СА — спектральный анализ; ПК — персональный компьютер; НАП — навигационная аппаратура потребителя; ВК — вычислительный комплекс; МШУ — вычислительный комплекс; МШУ — маломощное устройство; ИБП — источник бесперебойного питания; ИВП — источник вторичного питания; АЦПРМ — аналого-цифровой приемник

- измерение времени прихода сигналов АРБ-406 с точностью не ниже  $\pm 7$  мкс, приведенное ко входу БРКС;
- привязку результатов измерений к шкале Координированного Всемирного Времени (UTC) со среднеквадратической погрешностью не более 50 нс;
- передачу в МКВЦ и прием из МКВЦ (в том числе из других международных центров системы КОСПАС-САРСАТ) результатов и решения навигационной задачи в согласованном формате (C/S R.012).

Состав Станции контроля приведен на рис. 1.

## 2. График проведения испытаний по проверке концепции системы MEOSAR с ИСЗ DASS-S в 2009 г.

Наименование работ	февраль	март	апрель	май	июнь	июль	август
Автономные испытания аппаратуры СК СО	■						
Автономные испытания ПО СК СО	■						
Программа и методика испытаний на фазе демонстрации и оценки	■						
Измерение помеховой обстановки	■	■					
Измерения пороговых значений $C/N_0$	■	■	■	■			
Измерение $\sigma_{T_{\text{зад}}}$ при изменении $C/N_0$		■	■	■	■		
Измерение $\sigma_{f_{\text{доп}}}$ при изменении $C/N_0$			■	■	■	■	
Проведение стыковочных испытаний со СПОИ СО Европы и США					■	■	■
Выпуск отчета			■	■		■	■

## 3. Энергетический расчет радиолиний АРБ-406–ИСЗ Глонасс-К–СПОИ СО и АРБ-406–ИСЗ GPS–СПОИ СО

Приводится уточненный энергетический расчет радиолиний для приема сигналов АРБ-406, ретранслированных через радиокomплексы поиска и спасания ИСЗ DASS-S и «Глонасс-К». Расчеты проведены для двух типов среднеорбитальных ИСЗ: системы ГЛОНАСС и ИСЗ системы GPS.

В основу энергетического расчета радиолиний ретрансляции сигналов АРБ-406 через среднеорбитальные ИСЗ на приемную станцию СПОИ СО положена методика, использованная в документе C/S R.012 (MIP).

Для расчета  $(C/N_0)_{\text{пор}}$  берем за основу требование по вероятности правильного приема посылки АРБ-406 не менее 0,99. Требуемые значения  $C/N_0$  приведены в табл. 1.

Таблица 1. Требуемые значения  $C/N_0$ 

$(E_b/N_0)_{\text{пор}}$ при $P_{\text{ош}} = 8,8 \times 10^{-3}$ , где	6,5 дБ
– $(E_b/N_0)_{\text{теор}}$ при $P_{\text{ош}} = 8,8 \times 10^{-3}$	4,5 дБ
– потери на реализацию	1,0 дБ
Модуляционные потери	1,0 дБ
$(C/N_0)_{\text{пор}}$ для $C = 400$ бит/с	32,5 дБГц

Работа СПОИ СО в режиме приема с накоплением 5-ти посылок позволяет снизить  $(C/N_0)_{\text{пор}}$  до величины 27 дБГц (табл. 2).

Таблица 2. Значения  $C/N_0$  при накоплении пяти посылок

Требуемая вероятность правильного приема посылки АРБ-406	Накопление 5 посылок (голосование 3 из 5)		
	Вероятность ошибки на бит	$E_b/N_0$ , дБ	$C/N_0$ , дБГц (с учетом потерь на реализации 1 дБ)
0,99	0,101	–1,0	27,0

Исходные данные по аппаратуре бортовых ретрансляторов приведены в табл. 3. Исходные данные по приемной станции СПОИ СО с использованием параболической антенны с диаметром зеркала 3,8 м приведены в табл. 4.

Таблица 3. Характеристики бортовых ретрансляторов

Наименование ИСЗ		ГЛОНАСС	GPS блок IIR (IIF)
Высота орбиты	км	19140	20182
Частота на прием	МГц	406,05	406,05
Рабочие углы связи ( $\pm\Delta\varphi$ от надира)	градус	14	13,7
Коэфф. усил. ПРМ антенны в раб. углу	дБ	10	10
Максимальная дальность связи	км	21700	24700
Шумовая температура приемника	К	590	590
$G/T$	дБ/К	–17,7	–17,7
Полоса ретрансляции	кГц	100	200
Частота на передачу	МГц	1544,9	2226,5
Коэфф. усил. ПРД антенны в раб. углу	дБ	10,0	10,0
Мощность передатчика, Рб	дБВт	5,0*	0,0
ЭИИМ в рабочих углах связи	дБВт	15	10

\* Может быть увеличена до 7 дБВт.

Таблица 4. Характеристики Российской СПОИ СО

Диаметр антенны	метр	3,8	
Частота	МГц	1544,9	2226,5
Ширина ДНА	Градус	3,6	2,5
Коэффициент усилен. антенны, $G_{0\text{прм}}$	дБ	33,2	36,4
Потери в тракте приема, $L_{\text{тр}}$	дБ	1,0	1,0
Шумовая температура тракта, $T_{\text{тр}}$	К	61,7	61,7
Шумовая температура антенны, $T_{\text{ант}}$	К	45	45
Коэффициент шума МШУ	дБ	0,9	0,9
Шумовая температура МШУ, $T_{\text{мшу}}$	К	70	70
Суммарная шумовая температура по входу МШУ, $T_{\text{ш}}$	К	168	168
Добротность, $(G/T)$	дБ/К	11,0	13,2
Ошибка наведения ПРМ антенны, $dQ$	Градус	0,5	0,5
Потери из-за ошибок наведения ПРМ ант.	дБ	0,3	0,6
Пороговый энергетический потенциал $(C/N_0)_{\text{пор}}$ приема ретранслированной информации АРБ-406 без накопления при $P_{\text{ош}} = 5 \times 10^{-5}$	дБГц	34,8	34,8
Пороговый энергетический потенциал $(C/N_0)_{\text{пор}}$ приема ретранслированной информации АРБ-406 без накопления при $P_{\text{ош}} = 8,8 \times 10^{-3}$	дБГц	32,5	32,5
Пороговый энергетический потенциал $(C/N_0)_{\text{пор}}$ приема ретранслированной информации АРБ-406 с накоплением 5 посылок	дБГц	27,0	27,0

Для расчетов, приведенных в табл. 5, принято  $(C/N_0)_{\text{пор}} = 32,5$  дБГц и значения ЭИИМ АРБ-406, при которой обеспечивается энергетический запас 3 дБ.

Из результатов расчетов видно, что минимальное значение ЭИИМ АРБ-406 при энергетическом запасе 3 дБ и пороговом энергетическом потенциале  $(C/N_0)_{\text{пор}} = 32,5$  дБГц (прием без накопления посылок с вероятностью правильного приема посылки 0,99) составит:

- 3,9 дБВт — при ретрансляции информации АРБ-406 через ИСЗ «Глонасс-К» и приеме на СПОИ СО с антенной 3,8 м;
- 5,2 дБВт — при ретрансляции информации АРБ-406 через ИСЗ GPS блоки IIR и IIF и приеме на СПОИ СО с антенной 3,8 м.

Учитывая, что при работе СПОИ СО в режиме приема с накоплением 5 посылок пороговый энергетический потенциал будет равен  $(C/N_0)_{\text{пор}} = 27$  дБГц, минимальное значение ЭИИМ АРБ при энергетическом запасе 3 дБ составит:

Таблица 5. Ретрансляция информации АРБ-406 через ИСЗ «Глонасс-К» (СПОИ СО с использованием антенны 3,8 м и при  $(C/N_0)_{\text{пор}} = 32,5$  дБГц)

Направление связи		АРБ-КА
Полоса ствола РТР	кГц	100
Скорость передачи информации	кбит/с	0,4
Частота	МГц	406,05
ЭИИМ арб	дБВт	3,9
Дальность связи	тыс. км	23,6
Потери распространения	дБ	172,1
Потери многолучевости	дБ	2,5
Поляризационные потери	дБ	4,5
$G_{\text{прм}}$	дБ	10,0
$T_{\text{сумм}}$	К	590
$G/T$	дБ/К	-17,7
$C/N_0$ на линии вверх	дБГц	35,7
$C = P_{\text{прм}}$	дБВт	-165,2
$N$ в полосе ствола РТР	дБВт	-150,9
$I = 7 \cdot C$ с других буев	дБВт	-152,9
$C + N + I$	дБВт	-148,7
$C/(C + N + I)$	дБ	-16,5
Направление связи		КА-ЗС
Частота	МГц	1544,9
ЭИИМ	дБВт	15,0
Потери деления мощности	дБ	-16,5
Дальность связи	тыс. км	23,6
Потери распространения	дБ	183,7
Потери многолучевости	дБ	1,0
Потери из-за помех	дБ	3,0
Диаметр ПРМ антенны	м	3,8
$G_{\text{прм}}$	дБ	32,2
$T_{\text{ш}}$	К	168
$G/T$	дБ/К	11,0
Поляризационные потери	дБ	0,7
Потери наведения ПРМ антенны	дБ	0,3
$C/N_0$ на линии вниз	дБГц	49,4
Эквивалентные значения АРБ-КА-ЗС		
Потери ретрансляции	дБ	0,2
Итоговое $C/N_0$	дБГц	35,5
$(C/N_0)_{\text{пор}}$	дБГц	32,5
Запас	дБ	3,0

- минус 1,6 дБВт — при ретрансляции информации АРБ-406 через ИСЗ «Глонасс-К» и приеме на СПОИ СО с антенной 3,8 м;
- минус 0,4 дБВт — при ретрансляции информации АРБ-406 через ИСЗ системы DASS-S GPS блоки IIR и IIF и приеме на СПОИ СО с антенной 3,8 м.

#### 4. Стыковочные сечения для обмена данными между экспериментальными СПОИ СО систем DASS и SAR/ГЛОНАСС на этапе проверки концепции системы MEOSAR

Файлы, предлагаемые для обмена, соответствуют формату SIT 722, утвержденному в последней версии «Плана реализации системы MEOSAR» (С/С R.012, октябрь 2006).

Процесс установления соединения и технология обмена «FTP over VPN» между СПОИ СО и сервером хранения данных (MEO DATA server), описанные в документе С/С R.012 (Приложение L), приняты Российской стороной и будут реализованы.

Для каждой СПОИ СО должен быть установлен выделенный FTP-сервер, на котором будут храниться файлы в формате SIT, предназначенные для обмена (рис. 2).

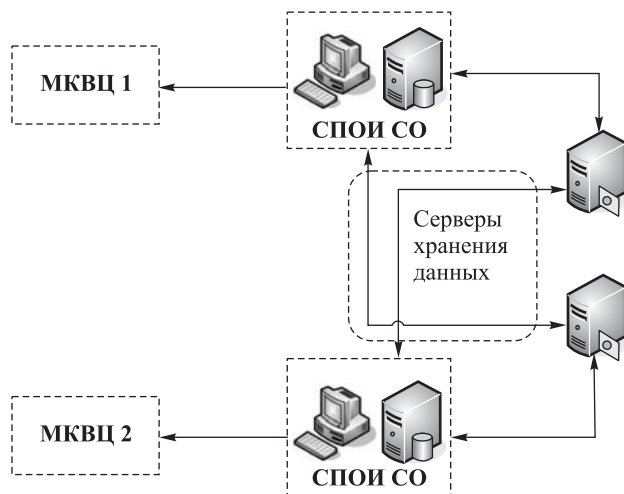


Рис. 2. Схема соединения в сеть СПОИ СО

Структура выходной директории FTP идентична структуре, описанной в С/С R.012 (Приложение L 2.1).

Алгоритм поиска нужного радиобуя также утвержден и представлен в С/С R.012 (Приложение L 2.4).

На стадии проверки концепции системы дополнительно предлагается проводить обмен измерениями не только от аварийных буев, но также от тестовых и орбитографических радиобуев.

### 5. Предварительные характеристики ретранслятора SAR/GLONASS

Таблица 6. Характеристики Российской СПОИ СО

Параметр	Требования	Единицы
Диапазон частот линии Земля–ИСЗ	406,0 ... 406,1	МГц
Номинальная мощность на входе приемника	-161,0	дБВт
Максимальная мощность на входе приемника	-146,0	дБВт
Динамический диапазон приемника	30	дБ
Поляризация приемной антенны	правосторонняя круговая	—
Усиление приемной антенны в углах $\pm 14^\circ$	9,0	дБ
Шумовая температура системы	700	К
$G/T$ приемной системы	-17,7	дБК <sup>-1</sup>
Полоса пропускания по уровню 0,5 дБ	100	кГц
Линейность фазовой характеристики (общая по диапазону)	в пределах $\pm 10^\circ$ от линейной	градус
Групповая задержка	$5,8 \pm 0,5$	мкс
Наклон групповой задержки	подлежит определению	—
Постоянная времени АРУ	200	мс
Динамический диапазон АРУ	30	дБ
Линейность ретранслятора	подлежит определению	—
Транспонирование частоты	прямое	—
Усиление передающей антенны (в углах $\pm 14^\circ$ )	12,0	дБ
Стабильность выходной частоты	$\sim 1 \times 10^{-11}$	—
Диапазон частот линии ИСЗ–Земля	1544,8 ... 1545,0	МГц
Поляризация антенны канала ИСЗ–Земля	левосторонняя круговая	—
Максимальная выходная мощность передатчика	7	дБВт





## **Принципы создания бортовой командно-измерительной системы со сроком активного существования 15 лет для перспективных КА**

Н. Н. Булгаков, Н. И. Жамалетдинов, А. А. Кривошеин,  
В. П. Соколов, Е. А. Воронков  
ФГУП «РНИИ КП» (г. Москва)

*В докладе сформулированы принципы безотказности и живучести аппаратуры, показана необходимость технологического перевооружения производства и разработки методик испытаний аппаратуры.*

Создание аппаратуры для КА с САС  $\geq 15$  лет требует решения двух задач:

1. Разработка бортовой аппаратуры контрольно-измерительной системы (КИС), использующей современную элементную базу, псевдошумовые сигналы с высокой тактовой частотой, высокоскоростные микропроцессоры, помехоустойчивое кодирование и т. д.

2. Разработка стратегий обеспечения высокой вероятности безотказной работы при сроке активного существования 15 и более лет.

Для реализации наилучших технических, ресурсных и энерго-массогабаритных параметров при заданном наборе функций БА КИС нового поколения должна выполняться с использованием сигнальных микропроцессоров, цифровых синтезаторов частоты и современной элементной базы. Улучшение массогабаритных параметров БА достигается за счет интеграции функций различных по назначению устройств в состав БА КИС нового поколения.

Приборы БА КИС работают в течение срока активного существования КА для обеспечения непрерывной передачи телеметрической информации (ТМИ) на наземные станции (НС) КИС.

Для увеличения вероятности безотказной работы бортовой аппаратуры используется нагруженное резервирование аппаратуры.

Рассмотрим схемотехнические решения, способные повысить качество работы БА КИС нового поколения.

1. Улучшение массогабаритных и технических характеристик антенно-фидерных устройств за счет применения микрополосковых антенн (МПА).

Действительно, из табл. 1, в которой приведены параметры бортовых АФУ, используемых на КА различного назначения в настоящее время, следует, что масса и потери энергии сигнала в трактах приемного и передающего АФУ достаточно велики.

Кроме того в нештатных ситуациях мощность сигнала  $P_c$  на входе БА КИС может находиться в пределах от нуля до  $2P_c$  из-за явления интерференции между сигналами, поступающими от двух антенн, одна из которых направлена на НС КИС, другая в противоположную сторону, если фазовый сдвиг между сигналами  $0 \leq \varphi \leq 180$  и сигналы на выходе антенн равны.

Для исключения явления интерференции при нештатных ситуациях предлагается использовать сигналы с противоположными поляризациями.

МПА имеют малые габариты и массу, высокую повторяемость и низкую стоимость при изготовлении, позволяют создавать антенны с широкой диаграммой направленности (до  $\pm 90^\circ$ ), с достаточно большим коэффициентом усиления при полосе рабочих частот, достигающей 1,5% от номинальной частоты сигнала (см. рис. 1) [1].

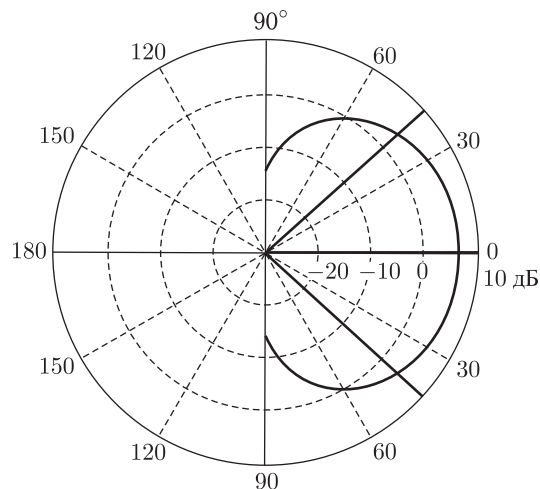


Рис. 1. ДН микрополосковой антенны в полярной системе координат

Для реализации предложенного необходимо разработать микрополосковые приемную и передающую антенны, приемный и передающий модули, работающие при температуре от минус 50 до 150 °С и находящиеся в космическом пространстве, и т. д.

Применение малогабаритных бортовых приемных и передающих АФУ, интегрирующих МШУ и УМ, позволяет достичь следующих результатов в запросной и ответной радиоперехватах:

- повысить пропускную способность радиоперехвата;
- повысить точность измерения навигационных параметров КА;
- уменьшить мощность передатчиков НС КИС и БА КИС;
- уменьшить габариты и массу БА КИС;
- увеличить вероятность безотказной работы и САС БА КИС;
- увеличить дальность связи.

2. Обеспечить непрерывную передачу ТМ-информации можно, используя один из вариантов передачи квитанций РК и КПИ на НС КИС: — в кадре ТМИ на определенном месте выделяются  $N_{РК}$ ,  $N_{КПИ}$  символов для передачи квитанций, при этом длительности  $T_{РК}$ ,  $T_{КПИ}$  квитанций РК и КПИ не должны отличаться от существующих в настоящее время, т. е.

$$N_{РК} \cdot T \geq T_{РК}; \quad N_{КПИ} \cdot T \geq T_{КПИ},$$

чтобы не изменялись энергетические соотношения в ответной радиоперехвате, здесь  $T$  — период тактовой частоты ТМИ.

В данном случае массо-габаритные характеристики БА КИС не изменяются. Чтобы не изменялись параметры кадра ТМИ при передаче квитанций на НС КИС, целесообразно несколько увеличить длительность кадра ТМИ;

— для передачи квитанций используется дополнительный канал в ответной радиоперехвате, ортогональный основному каналу.

В этом случае энергетические и массо-габаритные характеристики БА КИС существенно изменяются:

- энергопотребление увеличивается на 43–48 Вт;
- масса увеличится на 1,5–2 кг;
- габаритные размеры возрастут на 10–15 %;

Создание бортовой аппаратуры с САС 15 и более лет при высокой вероятности безотказной работы требует: комплексного научно-технического подхода при проведении НИР, ОКР, модернизации и переоснащения производственной и испытательной баз предприятия.

Разработка и изготовление аппаратуры, по нашему мнению, должны базироваться на реализации следующих первоочередных работ:

- Разработка функциональных схем аппаратуры с гибкой архитектурой на основе унифицированного ряда приборов и блоков, имеющих стандартизованные интерфейсы и позволяющих производить интеграцию отдельных приборов и систем в единые радиотехнические комплексы.

Таблица 1. Параметры АФУ БА КИС, используемых в настоящее время в КА различного назначения

Наименование КА	АФУ ПРМ				АФУ ПРД						Масса АФУ, кг
	Усиление антенн, дБ	Потери в тракте, дБ	Ширина ДН, град		Усиление антенн, дБ	Потери в тракте, дБ	Ширина ДН, град		$P_{ум}$ , Вт	$P_{изл}$ , Вт	
			НР	ОР			НР	ОР			
КА «Электро», КА «Спектр-Р»	-4,5/8,5	-8,5	±90	±10	-2,5/4,5	-4,5	±90	±10	10	3,55	3,8
КА «Глонасс-К»	-4,5/7,5	-5,5	±70	±10	-4,5/7,5	-4,7	±70	±10	10	3,40	3,0
КА «Экспресс-1000»	-4,5/7,5	-5,5	±70	±10	-3,0/9,2	-4,0	±70	±10	10	4,00	3,6
КА «Гео-ИК-2»	-4,5	-6,0	±75		-4,5	-6,8	±75		2	0,42	3,2
КА «KazSat»	-1,0/5,8	-13	±70	±10	-1,0/5,8	-3,5	±70	±10	10	4,46	3,5
КА «БелКА»	-2,0/12	-8,5	±70	±10	-3,0/10	-8,0	±70	±10	1	0,16	3,8

Примечания:

НР, ОР — неориентированный, ориентированные режимы полета КА соответственно;

ДН — диаграмма направленности;

$P_{ум}$ ,  $P_{изл}$  — выходная мощность усилителя мощности (УМ), мощность излучения антенны соответственно;

а/в — а — наименьший коэффициент усиления антенны в НР;

в — коэффициент усиления вдоль продольной оси антенн.

- Разработка новых технологических процессов изготовления, позволяющих уменьшить габариты и массу аппаратуры, улучшить тепловые и прочностные параметры, обеспечить стойкость к внешним воздействующим факторам при функционировании в условиях открытого космического пространства.
- Разработка единых требований и рекомендаций по выбору элементной базы, функциональных блоков и приборов иностранного производства, удовлетворяющих заданным техническим требованиям и условиям эксплуатации групп 5.2 и 5.3, создание общеинститутских рекомендательных перечней ЭРИ ИП с преимущественным уровнем качества Space и Military, решение вопросов их гарантированных поставок.
- Разработка перечней современных материалов и покрытий, удовлетворяющих условиям эксплуатации групп 5.2 и 5.3 и САС аппаратуры 15 и более лет.
- Проведение исследования влияния микроатмосферы КА и электростатических разрядов на функционирование бортовой аппаратуры, размещаемой на открытых космических платформах. Разработка методов совершенствования конструкции КА с целью уменьшения влияния ЭСР на функционирование бортовой аппаратуры.
- Разработка методик испытаний БАКИС и входящих приборов с целью исключения деградации электрических характеристик при эксплуатации аппаратуры.
- Совершенствование методик проведения ЭТТ аппаратуры при проведении НЭО.

Для обеспечения высокого качества в процессе изготовления бортовой аппаратуры, построенной на современной элементной базе уровня качества Space и Military и имеющей высокую степень интеграции, требуется оснащение производства современными автоматическими линиями поверхностного монтажа, программаторами, анализаторами производственных дефектов, технологическим и контрольно-измерительным оборудованием, позволяющими исключать на начальных стадиях производства ошибки, связанные с человеческим фактором.

В части обеспечения наземных испытаний бортовой аппаратуры необходимо разработать методики отработочных испытаний, определить их виды, последовательность и объемы, обеспечивающие снижение интенсивности отказов бортовой аппаратуры в процессе эксплуатации. Укомплектовать испытательные центры современным оборудованием, в том числе стендами, обеспечивающими одновременное воздействие различных факторов (температура, вакуум, вибрации). Ввести в рабочие места регулировки приборов и испытаний оборудование автоматического документирования операций и контроля заданных параметров.

Одним из определяющих факторов при решении поставленной задачи является обеспечение производства квалифицированными специалистами.

### **Литература**

- 1 *Смолин М. В., Тимошин В. Г.* Вопросы разработки бортовых микрополосковых антенн // *Авиакосмическое приборостроение*, 2007 г., № 5.

## **Тенденции развития современных комплексов управления полетом космических аппаратов**

А. В. Круглов

ФГУП «РНИИ КП» (г. Москва)

Наземные комплексы управления (НКУ) входят в состав космических комплексов, которые кроме НКУ включают ракетоносители, разгонные блоки и стартовые комплексы.

НКУ предназначены для обеспечения функционирования КА на орбите после отделения его от ракетоносителя или разгонного блока.

При этом НКУ решает следующие задачи:

- командно-программное обеспечение;
- информационно-телеметрическое обеспечение;
- измерение текущих навигационных параметров движения КА;
- сверку, фазирование и коррекцию бортовой шкалы времени.

Для пилотируемых космических комплексов дополнительно решаются задачи приема телевизионного сигнала и обеспечения радиосвязи с экипажем.

Совокупность технических средств, связанных между собой и обеспечивающих управление группировкой космических аппаратов определенного типа, образует наземный комплекс управления КА.

Управление КА осуществляется из центра управления полетом (ЦУП). В нем хранятся все данные о состоянии КА, формируются необходимые массивы полетного задания и необходимые команды управления, принимаются решения об использовании КА по назначению.

Непосредственный контакт с управляемыми КА осуществляется техническими средствами, установленными на командно-измерительных пунктах: командно-измерительными системами, станциями приема телеметрической информации, станциями приема телевизионного сигнала, кванто-оптическими системами и др.

Для обеспечения взаимодействия между элементами НКУ и внешними абонентами создается система связи и передачи данных.

Особенности построения НКУ определяются назначением космической системы (КС). Исходя из назначения КС можно выделить:

- НКУ КА связи и радиовещания;



- НКУ КА дистанционного зондирования Земли и КА метеонаблюдения;
- НКУ КА навигации и геодезии;
- НКУ КА дальнего космоса;
- НКУ КА пилотируемых программ.

Основными требованиями, предъявляемыми к НКУ различных космических комплексов, являются:

- глобальность управления;
- оперативность управления;
- устойчивость управления;
- минимизация затрат на создание.

Под глобальностью управления понимается возможность наблюдения КА на любом участке орбитального полета в любой момент времени. На практике это очень трудно реализуемое требование. Выполнение его очень сильно зависит от параметров орбиты КА.

Под оперативностью управления понимается возможность доведения до КА управляющей информации и получения от него телеметрической информации за минимально короткое время с заданными характеристиками качества. Оперативность управления определяется оперативностью формирования и доведения управляющей информации из ЦУП до КИС, временем подготовки сеансов управления на КИС, скоростью передачи управляющей информации на КА и др.

Устойчивость управления подразумевает возможность функционирования НКУ в условиях преднамеренных и непреднамеренных помех. С целью обеспечения устойчивости в космических радиополосах управления используются специальные широкополосные псевдошумовые сигналы, которые повышают не только помехоустойчивость, но и скрытность работы радиолиний (уменьшают возможность разведки сигналов).

С переходом к рыночной экономике, в условиях ограниченного бюджетного финансирования, минимизация затрат на создание НКУ иногда имеет решающее значение. Часто приходится искать компромисс между возможностью реализации требуемых технических характеристик и понесенными при этом материальными затратами. Использование необслуживаемых технических средств НКУ приводит к минимизации затрат на эксплуатацию.

Большое влияние на развитие НКУ оказывает исторический фактор. В предыдущие годы НКУ каждого космического комплекса строился на оригинальных технических средствах управления, вследствие чего в наземном автоматизированном комплексе управления (НАКУ) технические средства (ЦУП, КИС, станции приема телеметрии) представлены широкой номенклатурой, что усложняет поддержание их готовности и ремонта, удорожает эксплуатацию. Все это диктует необхо-

димось создания многофункциональных технических средств нового поколения для управления КА различных космических систем.

Примером такой системы является унифицированная командно-измерительная система «Клен». Многофункциональность КИС «Клен», заложенная при ее создании, позволяет осуществлять контроль и управление существующими и перспективными автоматическими космическими аппаратами научного и социально-экономического назначения на круговых, высокоэллиптических и геостационарных орбитах, а также пилотируемыми станциями, транспортными кораблями и разгонными блоками, оснащенными бортовой аппаратурой как старого, так и нового поколения типа единой командно-телеметрической системы (ЕКТС). На базе КИС «Клен» в настоящее время создаются НКУ космических комплексов «Электро» (метео-спутники), «БелКа» и «Канопус-В» (КА дистанционного зондирования Земли), Спектр-Р (КА исследования космического пространства), международной космической станции (МКС), перспективных ракетносителей и разгонных блоков. Создание унифицированной командно-измерительной системы позволит сократить количество и номенклатуру командно-измерительных систем, снизить эксплуатационные затраты, перейти к международным стандартам по управлению космическими аппаратами и войти в международную сеть управления спутниками.

Аналогичная работа по созданию унифицированной системы управления КА специального назначения развернута в рамках ОКР «Топаз».

На практике обеспечение требований по глобальности и оперативности управления взаимосвязано. Для низколетящих КА, в том числе и пилотируемых комплексов, глобальность и оперативность может обеспечиваться распределением командно-измерительных систем по Земному шару либо использованием спутников-ретрансляторов (СР) на геостационарной орбите, что является более выгодным с экономической точки зрения. С помощью двух разнесенных на ГСО спутников-ретрансляторов можно добиться глобальности  $\sim 90\%$ . Для обеспечения глобальности, близкой к  $100\%$ , необходимо использовать третий спутник-ретранслятор, невидимый с территории Российской Федерации. Для связи с ним необходимо реализовать межспутниковую радиолинию. В рамках Федеральной космической программы создается космическая ретрансляционная система на базе СР «Луч» и наземных ретрансляционных систем «Клен-Р».

Для реализации требования по оперативности необходимо иметь постоянный канал с управляемым объектом или возможность установления такого канала в минимально заданное время. Особенно это актуально для спутников связи и радиовещания, где задержка реакции на нештатные ситуации, возникающие на борту КА, ведет к прямым материальным убыткам, обусловленным непредоставлением услуг операторам связи.

В современных НКУ для управления КА связи выделяется отдельная станция, осуществляющая непрерывный контроль состояния КА.

Причем современная технология навигационно-баллистического обеспечения позволяет вести управление с одного пункта без привлечения командно-измерительных систем других командно-измерительных пунктов, в том числе используя результаты навигационных определений по системам ГЛОНАСС и GPS на борту космических аппаратов.

Современные НКУ не могут строиться без использования систем связи и передачи информации (ССПД), построенных на современных мультимедийных технологиях с использованием волоконно-оптических и космических каналов связи. Такие каналы обеспечивают передачу высокоскоростной и телевизионной информации с командно-измерительных пунктов в ЦУП.

Таким образом, основными тенденциями развития современных НКУ являются:

- использование унифицированных технических средств управления;
- использование ретрансляционных и сетевых технологий для обеспечения глобальности и оперативности управления;
- использование широкополосных псевдошумовых сигналов, перспективных средств защиты информации и высокоскоростных космических каналов управления;
- совмещение командной, телеметрической и целевой информации в интегрированном цифровом потоке;
- переход на однопунктную технологию управления с использованием необслуживаемых станций управления;
- переход на современные системы связи и передачи информации с использованием ВОЛС и спутниковых каналов связи.

В конечном счете реализация указанных тенденций направлена на обеспечение выполнения требований к НКУ по глобальности, оперативности и устойчивости управления, что позволит повысить надежность управления КА, снизить затраты на создание и эксплуатацию НКУ.

# **Общие тенденции развития датчикоостроения. Достоинства и особенности микросистемотехнических технологий приборостроения. Проблемы и решения**

Е. А. Мокров, Д. В. Лебедев  
ФГУП «НИИ ФИ» (г. Пенза)

*В статье рассматриваются наиболее общие тенденции развития датчикоостроения на базе критических технологий и ожидаемые результаты их внедрения в практику. Приводятся результаты фундаментальных работ институтов РАН, наиболее актуальные для приборостроения, и постановки прикладных НИР и ОКР с реализацией задач на наиболее универсальных и эффективных физических принципах измерений.*

## **Общие тенденции**

По результатам анализа технических требований и тенденций совершенствования систем телеизмерения, контроля, диагностики и управления в обеспечении повышения тактико-технических характеристик ракетно-космической техники можно отметить следующее:

— возможности выполнения задач ракетно-космической и других видов техники в значительной степени зависят от эффективности использования датчиков. В будущем эта зависимость увеличится в связи с возрастанием потребности в получении больших объемов высококачественной информации и развитием технологии датчиков в направлении повышения их функциональных возможностей;

— развитие технологии цифровых устройств является наиболее важным фактором, который окажет влияние на технологии и совершенствование датчиков в обозримом будущем. Преимущества цифровой, а не аналоговой формы представления сигналов или информации многочисленны. Движение к полностью цифровому миру приобрело за последние несколько десятилетий неотвратимый характер. В ближайшем будущем все датчики станут цифровыми, способными немедленно преобразовывать электрическую реакцию датчика на физические свойства внешнего мира в цифровые коды для дальнейшей обработки, хранения, передачи и отображения. Заметим, что в наших разработках достиг-