

СТРАНИЦЫ ИСТОРИИ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ КОСМИЧЕСКОЙ МЕТЕОРОЛОГИИ

УДК 551.5

КОМПЛЕКСНЫЙ УНИФИЦИРОВАННЫЙ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ КОСМИЧЕСКИЙ АППАРАТ «МЕТЕОР-3М» № 1

Л. А. Макриденко, С. Н. Волков, А. В. Горбунов,
Р. С. Салихов, В. П. Ходненко

Дана краткая история создания гидрометеорологического космического аппарата (КА) «Метеор-3М» № 1 и показано его назначение. Приведены основные технические характеристики аппарата и характеристики аппаратуры бортового информационного комплекса (БИК-М1). Изложены принципы организации и основные результаты лётных испытаний КА «Метеор-3М» № 1.

Ключевые слова: космический аппарат, многоцелевое назначение, комплекс метеорологической аппаратуры, комплекс научно-измерительной аппаратуры, видеоинформационный природно-ресурсный комплекс, бортовой информационный комплекс, характеристики радиополосы, лётные испытания.

Как известно, основной задачей космической гидрометеорологии является измерение характеристик для ее назначения параметров (температура, влажность, давление, содержание газовых компонентов, аэрозоли и пр.) и мониторинг динамики атмосферферы Земли с высокой оперативностью.

В соответствии с этими требованиями полное обновление информации, как в глобальном, так и локальном масштабах, должно осуществляться каждые 6 – 12 часов, и это обеспечивается при сравнительно низком пространственном разрешении (1 – 10 км) и широких полосах обзора (2800 – 3000 км).

В России в начале 1990-х годов сложилась ситуация, когда собственная космическая метеоинформация практически отсутствовала, космические аппараты системы «Метеор-3» (последний КА был выведен на орбиту в 1993 г.) ввиду отказов научно-информационной аппаратуры не работали.

Космические аппараты «Метеор-3М» были задуманы как часть отечественной Единой космической системы гидрометеорологического обеспечения «Планета». В подсистему «Метеор-3М» должны были входить два КА на солнечно-синхронной орбите (ССО) высотой 1000 – 1500 км с периодом прохождения восходящего узла в 10:30 и 16:30 по местному времени [1, 2].

Соответствующие орбиты условно назывались «утренняя» и «дневная», а выводимые на них КА обозначались как «Метеор-3М-У» и «Метеор-3М-Д».

Однако на тот период средств на реализацию этой программы не оказалось и «Метеор-3М» № 1 остался первым и последним космическим аппаратом в этой серии.

Автоматический космический аппарат (АКА) гидрометеорологического обеспечения «Метеор-3М» № 1 с четырьмя микроспутниками был запущен 10 декаб-

ря 2001 г. в 20 ч 19 мин по местному времени с космодрома Байконур с помощью российско-украинской ракеты-носителя (РН) «Зенит-2».

Помимо основной полезной нагрузки (КА «Метеор-3М» № 1) РН «Зенит-2», как указывалось выше, вывела в космос ещё четыре попутных микроспутника: экспериментальный аппарат «Компас» (Россия) для изучения ионосферы и предвестников землетрясений, технологические спутники Bard-B (Пакистан), Migos-Tub sat (первый ИСЗ Марокко) и геодезический спутник «Рефлектор» (Россия – США).

Параметры орбиты КА «Метеор-3М» № 1 по официальной информации Центра управления полетами (ЦУП) ЦНИИмаш составили:

- минимальное расстояние от поверхности Земли – 1008,6 км;
- максимальное расстояние от поверхности Земли – 1029,6 км;
- наклонение – 99,648°;
- период обращения – 105,348 мин.

Фактически параметры орбиты оказались очень близкими к расчётным, представленным в табл. 1.

Состоявшийся запуск КА «Метеор-3М» № 1 явился первым шагом к восстановлению российской полярно-орбитальной метеорологической космической системы (МКС).

Главным разработчиком КА «Метеор-3М» № 1 являлся ФГУП «НПП ВНИИЭМ», а разработчиком-изготовителем – НИИ электромеханики (г. Истра Московской обл.).

Общая масса полезного груза РН «Зенит-2» – КА «Метеор-3М» №1 и агрегата разделения с четырьмя малыми КА – составила 3007,2 кг.

КА «Метеор-3М» № 1 был выведен на ССО со временем пересечения экватора в восходящем узле орбиты 09:00 местного времени, которое к концу

Таблица 1

Технические характеристики КА «Метеор-3М» № 1 (17Ф45 № 101)

Заказчик	Роскосмос/Росгидромет
Головной разработчик	ФГУП «НПП ВНИИЭМ»
Параметры орбиты:	
Тип орбиты	Околокруговая, близкая к солнечно-синхронной
Местное солнечное время восходящего узла	9 ч 15 мин ± 15 мин
Высота над поверхностью Земли, км	1018,63 – 10,71
Наклонение, град.	99,63
Период обращения, мин	105,33 ± 0,06
Эксцентриситет	0,000806
Угловое расстояние между витками, град. (смещение трассы за виток)	–26,334
Суточное смещение долготы восходящего узла, град.	–8,670
Период изомаршрутности (повторение трассы)	3 сут (41 виток)
Технические характеристики:	
Базовая платформа	СП-II (Ресурс-УКП)
Стартовая масса КА (без агрегата разделения и субспутников), кг	2476 (полезная нагрузка 800 кг)
Габаритные размеры КА, м	
– высота	7,0
– ширина с развёрнутыми панелями СБ	14,0
– диаметр описанной окружности корпуса	2,9
Источники питания:	
Солнечные и аккумуляторные батареи	
Площадь солнечной батареи, м ²	14
Параметры трёхосной ориентации:	
– точность, угл. мин	10
– точность стабилизации, град./с	0,005
Автономность полёта КА, сут	14
Срок активного существования, год	Не менее 3

срока активного существования (САС) должно возрасти до 09:30.

Запуском КА «Метеор-3М» №1 завершался длительный период разработки и эксплуатации специализированных метеорологических космических аппаратов с широким набором бортовых измерительных приборов, предназначенных для регулярных измерений параметров атмосферы и подстилающей поверхности Земли в интересах гидрометеорологического обеспечения.

Далее предстояло принять важные и ответственные решения по выбору путей развития космической метеорологии с учётом того, чтобы космические системы России достойным образом входили в единую мировую систему космического гидрометеорологического наблюдения, обеспечивали единство подходов в получении космической информации, учитывали специфику географического положения России и её климатические особенности.

Космический аппарат «Метеор-3М» № 1 явился комплексным унифицированным КА, включающим в себя бортовой комплекс не только гидрометеорологической и научной аппаратуры, но и природно-ресурсный аппаратный комплекс.

Такое приборное оснащение позволяло решать широкий круг задач по гидрометеорологическому обеспечению, мониторингу системы «океан – атмосфера», изучению и использованию природных ресурсов, экологическому мониторингу, контролю чрезвычайных ситуаций, гелиогеофизическому обеспечению.

В связи с прекращением функционирования КА «Ресурс-О1» № 4 размещение на КА «Метеор-3М» № 1 видеоинформационного природно-ресурсного комплекса имело большое значение для потребителей космической информации высокого и среднего разрешения.

КА «Метеор-3М» № 1 был создан на базе КА «Метеор-3» с полной заменой системы управления, с установкой новых радиолиний, с изменением состава бортовой информационно-измерительной аппаратуры.

В КА «Метеор-3М» № 1 были сохранены многие элементы метеоспутников предыдущего поколения «Метеор-3». Это касается в первую очередь комплекса метеорологической аппаратуры МР700М, состоящего из одноканальной телевизионной аппаратуры МР-2000, инфракрасного скани-

рующего радиометра «Климат», магнитофонов записи-воспроизведения информации с витка, а также традиционной для КА «Метеор» радиолинии на частоте 465,5 МГц.

В составе метеокомплекса также была сохранена озонметрическая аппаратура СФМ-2.

Приём воспроизведённых данных комплекса метеорологической аппаратуры с каждого витка мог осуществляться, как и ранее, на пунктах приёма информации Росгидромета в гг. Москве, Новосибирске и Хабаровске.

Другие измерительные приборы, установленные на этом КА, относились к категории научно-измерительной аппаратуры, каждая составляющая которой предназначалась для решения целевой задачи или комплекса задач.

Это микроволновые многоканальные сканирующие радиометры – МТВЗА и МИВЗА, служащие для всепогодного зондирования атмосферы, определения характеристик облачного покрова Земли, параметров Мирового океана, комплекс аппаратуры контроля состояния околоземного космического пространства (ОКП) – МСГИ-5ЕИ и КГИ-ИС, а также зарубежная аппаратура СЕЙДЖ-3, установленная по Исполнительному соглашению между Росавиакосмосом и НАСА США [1] и предназначенная для изучения озонового слоя и атмосферы Земли.

Проблема сбора глобальной информации с научных приборов решалась включением в состав аппаратуры блоков накопления данных (БНД) с объёмом памяти, позволяющим регистрировать информацию в течение 14 измерений. В состав научно-информационного комплекса, помимо радиолинии с несущей частотой 1,7 ГГц, входило программное устройство опроса БНД, что позволило реализовать достаточно эффективную технологию беспропускного сбора глобальной информации с помощью приёмной станции, расположенной в московской зоне радиовидимости КА.

На КА «Метеор-3М» № 1 был реализован автоматический (безоператорный) режим работы бортового метеокомплекса и комплекса научной аппаратуры (КНА) со своими системами формирования потока и передачи данных на наземные центры по радиолиниям на частотах 465,5 МГц и 1,7 ГГц соответственно.

Комплекс аппаратуры природно-ресурсного назначения состоял из двух сканирующих устройств высокого (около 40 м) и среднего (около 500 м) пространственного разрешения со своей системой сбора, запоминания и передачи данных на наземные пункты приёма по радиолинии 8,2 ГГц.

Общий вид КА «Метеор-3М» № 1 приведён на рис. 1.

Таким образом, КА «Метеор-3М» № 1 являлся многоцелевым аппаратом, одновременно решающим задачи изучения природных ресурсов Земли, контроля состояния окружающей среды, гидрометеорологического и гелиогеофизического обеспечения и предназначался для обеспечения подразделений Федеральной службы России по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, а также других ведомств оперативной гидрометеорологической и природоресурсной информацией.

КА «Метеор-3М» № 1 предназначался для решения следующих оперативных задач:

- получение глобальных и региональных изображений облачности, поверхности Земли, ледяного и снежного покровов в видимом и инфракрасном диапазонах спектра для синоптического анализа и уточнения синоптических процессов;

- получение многозональных изображений земной поверхности высокого и среднего пространственного разрешения;

- получение глобальных и региональных данных о температуре морской поверхности и поверхности океана, и высоте верхней границы облачности;

- определение местоположения и динамики перемещения атмосферных вихрей;

- получение данных о ледовой обстановке на акваториях морей и океанов, границах снежного покрова;

- получение глобальных данных температурно-влажностного зондирования атмосферы, зоны интенсивности осадков, интегральном водозапасе облаков;

- получение данных о распределении озона в атмосфере и его общего содержания;

- получение данных для определения вертикального распределения аэрозолей и малых газовых компонент атмосферы;

- изучение природных ресурсов, контроль состояния окружающей среды;

- осуществление экологического мониторинга, контроль чрезвычайных ситуаций;

- осуществление контроля и прогноза радиационной обстановки в околоземном космическом пространстве;

- обеспечение прогноза условий распространения радиоволн;

- осуществление контроля и диагностики магнитосферы и ионосферы;

- гидрометеорологическое и гелиогеофизическое обеспечение, мониторинг системы «океан – атмосфера»;

- обеспечение получения, запоминания и передачи на наземные приёмные пункты данных об облачном покрытии Земли, границах снежного и ледяного покровов, температуре морской поверхности и облаков.

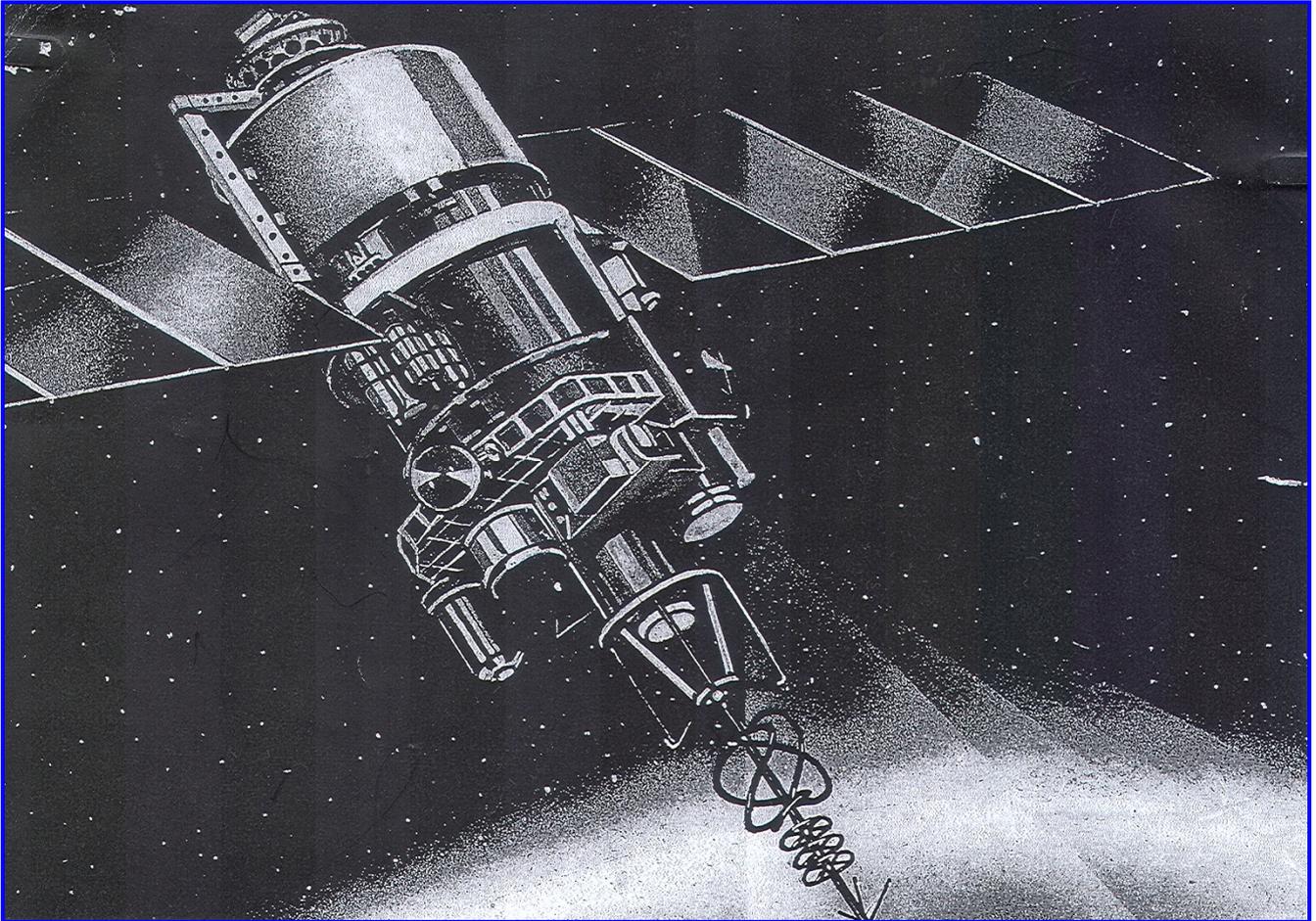


Рис. 1. Космический аппарат «Метеор-3М» № 1

Установленный на КА «Метеор-3М» № 1 комплект приборов по целевому назначению подразделялся на три функционально самостоятельные части:

1. Видеоинформационный природно-ресурсный комплекс (БИК-М).
2. Комплекс научно-измерительной аппаратуры (БКНА).
3. Комплекс метеорологической аппаратуры (МР-700М).

Структурно-функциональная схема формирования информационных потоков на КА «Метеор-3М» № 1 приведена на рис. 2.

БИК-М1 предназначался для получения многозональных изображений земной поверхности высокого и среднего пространственного разрешения.

На основании этой информации решались задачи природопользования, изучения природных ресурсов, обнаружения чрезвычайных ситуаций и т. п.

Информационные характеристики БИК-М1 представлены в табл. 2.

Видеоинформация передавалась с борта КА по сантиметровому радиоканалу (несущая частота 8,2 ГГц) со скоростью потока 15,36 Мбит/с.

Таблица 2

Информационные характеристики БИК-М1

Аппаратура	Спектральные зоны	Пространственное разрешение в надире	Полоса захвата для $H = 1020$ км
Многозональное оптико-электронное сканирующее устройство высокого разрешения МСУ-Э	0,5 – 0,6 мкм	32 м	В надире – 76 км, на краю зоны обзора – 118 км
	0,6 – 0,7 мкм	32 м	
	0,8 – 0,9 мкм	32 м	
Многозональное оптико-электронное сканирующее устройство среднего разрешения МСУ-СМ	0,55 – 0,7 мкм	544 м – по строке 132 м – по кадру	2240 км
	0,7 – 0,9 мкм	544 м – по строке 132 м – по кадру	

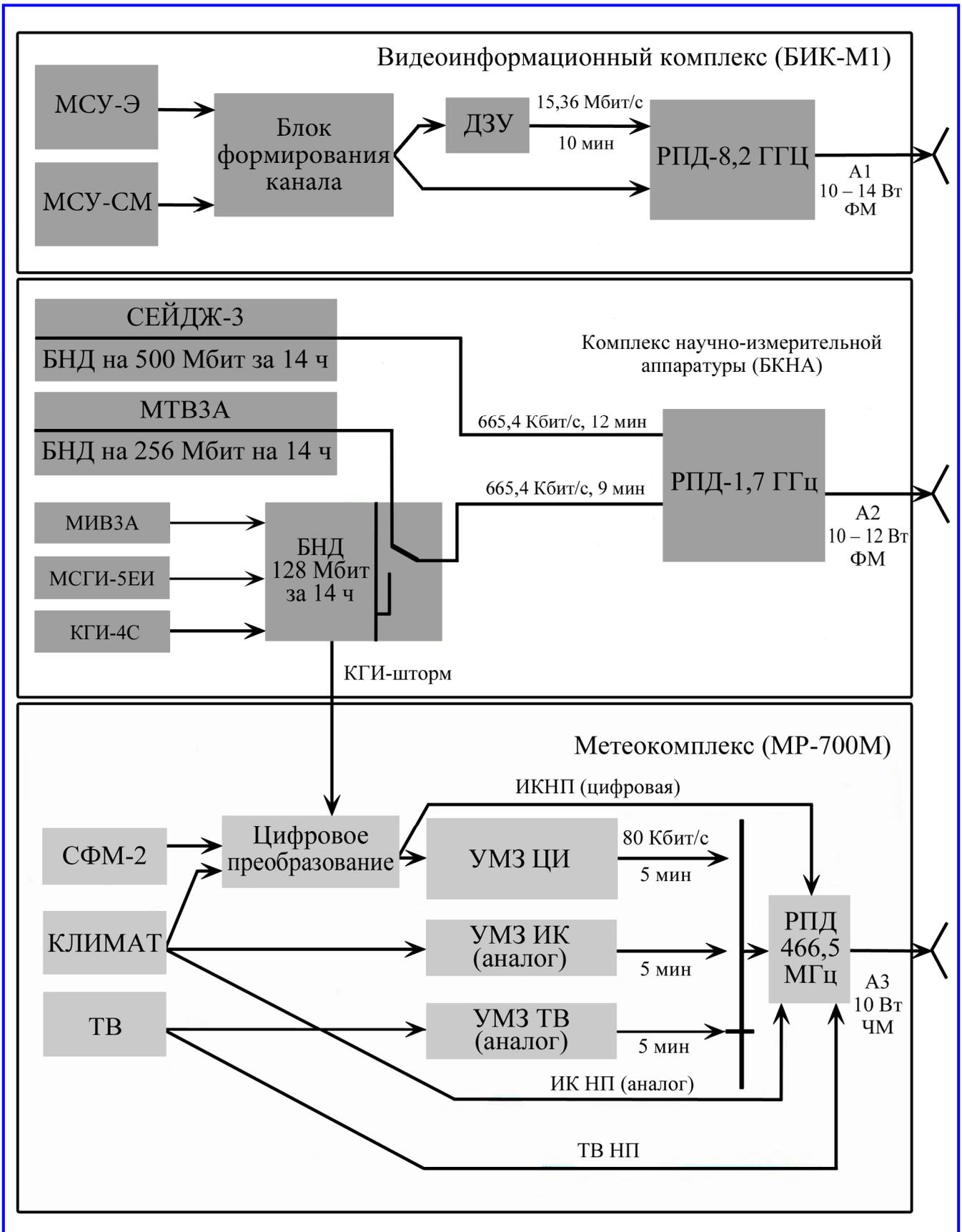


Рис. 2. Структурно-функциональная схема КА «Метеор-3М» № 1

Суммарный информационный поток, содержащий данные каналов МСУ-Э и МСУ-СМ, с частотой 15,36 Мбит/с поступал в режиме непосредственной передачи (НП) на передающее устройство, а в режиме записи – с той же частотой на дисковое запоминающее устройство (ДЗУ). Время записи не более 10 мин.

В режиме воспроизведения информационный поток ДЗУ с частотой 15,36 Мбит/с передавался в течение 10 мин на наземные пункты приёма.

Имеющееся в БИК-М1 командно-распределительное устройство и блок автоматики обеспечивали работу видеокomплекса в различных режимах, отличающихся разным сочетанием канальных потоков информации МСУ-Э и МСУ-СМ в передаваемом на Землю суммарном потоке видеoinформации.

Приём информации осуществлялся Центрами приёма Росавиакосмоса (г. Москва), Росгидромета (г. Обнинск, г. Новосибирск), Минприроды и МЧС, а также сетью малых станций, расположенных в разных регионах России и ближнего зарубежья.

Комплекс научно-измерительной аппаратуры (БКНА) включал в себя приборы, каждый из которых предназначался для решения конкретной целевой задачи.

Микроволновые многоканальные сканирующие радиометры МТВЗА и МИВЗА служили для всепогодного зондирования атмосферы, определения ряда параметров Мирового океана и предназначались для лётных испытаний.

Информационные характеристики микроволновых сканирующих радиометров представлены в табл. 3. Аппаратура гелиогеофизического обеспечения КГИ-4С и МСГИ-5ЕИ предназначена для контроля состоя-

ния околоземного космического пространства (ОКП) и включает:

- контроль и прогноз активности Солнца;
- контроль и прогноз радиационной обстановки ОКП и состояния геомагнитного поля;
- прогноз условий распространения радиоволн;
- диагностику и контроль состояния магнитосферы и ионосферы.

Информационные характеристики комплекса аппаратуры гелиогеофизического обеспечения представлены в табл. 4.

Одним из прикладных аспектов использования аппаратуры КГИ-4С и МСГИ-5ЕИ являлось обеспечение более надежного и эффективного функционирования КА за счёт оперативного прогноза и учёта гелиогеофизической обстановки в ОКП, соответственно, на этапах проектирования и управления КА.

Зарубежная аппаратура СЕЙДЖ-3 была предназначена для определения характеристик аэрозоля и содержания малых газовых примесей в атмосфере.

Технические характеристики представлены в табл. 5.

Задача сбора целевой информации, в основном глобального характера, была решена включением в состав комплекса научно-измерительной аппаратуры специальных устройств накопления данных и установкой отдельной радиолинии на частоте 1,7 ГГц.

БНД имели объёмы памяти, позволяющие накапливать информацию в течение 14 часов работы приборов. Путём программируемого опроса БНД была реализована достаточно эффективная технология беспрерывного сбора глобальной информации с помощью одной приёмной станции, расположенной в московской зоне приёма.

Таблица 3

Информационные характеристики микроволновых сканирующих радиометров

Аппаратура	Частота каналов (поляризация), ГГц	Пространственное разрешение	Полоса захвата
Микроволновый сканирующий радиометр температурного и влажностного зондирования атмосферы (МТВЗА)	18,7 (В, Г)*	75 км	Конусное сканирование 2600 км
	22,2 (В, Г)	68 км	
	33 (В, Г)	45 км	
	36,5 (В, Г)	41 км	
	42 (В, Г)	36 км	
	48 (В, Г)	32 км	
	52,28 – 56,978 (В, Г) (10 каналов)	30 км	
	91,65 (В, Г)	18 км	
183,31 (3 канала, В)	12 км		
Микроволновый сканирующий радиометр интегрального влажностного зондирования атмосферы (МИВЗА)	20 (В, Г)	110 км	Конусное сканирование 1700 км
	35 (В, Г)	65 км	
	94 (Г)	25 км	

Примечание: * В – вертикальная поляризация, Г – горизонтальная поляризация.

Таблица 4

Информационные характеристики комплекса аппаратуры гелиогеофизического обеспечения

Аппаратура	Измеряемый параметр	Кол-во каналов	Энергетический диапазон	
			Для протонов, МэВ	Для электронов, МэВ
Комплекс геофизических измерений КГИ-4С	1. Суммарная плотность потока протонов и электронов	5	>5	>0,17
			>15	>0,7
			>25	>1,7
			>30	2,0
			>40	3,2
	2. Плотность потока протонов	2	>25 МэВ	
>90 МэВ				
3. Плотность всенаправленного потока протонов (солнечных и галактических космических лучей)	1	>600 МэВ		
Совмещённый унифицированный спектрометр геоактивных корпускулярных излучений МСГИ-5ЕИ	1. Дифференциальный энергетический спектр низкоэнергичных ионов (протонов)	10 (режим 1)	$54 \times 10^{-1} \dots 10^1$ кэВ	
		50 (режим 2)		
	2. Дифференциальный энергетический спектр низкоэнергичных ионов	10 (режим 1)	$54 \times 10^{-1} \dots 24 \times 10^1$ кэВ	
		50 (режим 2)		
3. Плотность потока электронов	1	>40 кэВ		

Таблица 5

Технические характеристики аппаратуры СЕЙДЖ-3

Параметр	Значение
Область спектра, нм	290 – 1550
Область обзора, град.:	
– по азимуту	±180
– по месту угла	От 19 до 29
Вертикальный размер поля зрения	Не более 0,5 км на прицельной высоте 20 км
Скорость потока информации, Кбит/с	100 в течение 8 мин
Масса, кг	40
Потребляемая мощность, Вт	15 (средняя), 60 (пиковая)

Сброс данных научно-измерительной аппаратуры производился со скоростью 665,4 Кбит/с на 5 и 6 нисходящих и 11 и 12 восходящих суточных витках по московскому времени.

На 5 и 11 витках с максимальной длительностью сеанса связи производился сброс/приём данных СЕЙДЖ-3, а на 6 и 12 витках потока данных, образуемого последовательным опросом БНД (МТВЗА) и через 30 с БНД (МИВЗА, МСГИ-5ЕИ и КГИ-4С).

Метеокомплекс МР-700 представлял собой доработанный комплекс метеорологической аппаратуры, ранее штатно функционировавшей на КА «Метеор-3».

Как и ранее, основное назначение комплекса состояло в регулярном оперативном получении информации в интересах гидрометеорологического

обеспечения экономики и Вооруженных сил страны, а также в выполнении международных обязательств по линии ВМО.

Комплекс МР-700М, в состав которого входили телевизионная аппаратура МР-2000М1 и инфракрасный сканирующий радиометр «Климат», обеспечивал получение, запоминание и передачу на наземные приемные пункты данных об облачном покрове Земли, границах снежного и ледяного покровов, температуре морской поверхности и облаков.

В состав метеокомплекса также были включены два комплекта озонметрической аппаратуры СФМ-2. Функционирование этих приборов, формирование и управление информационным потоком осуществлялось с помощью ряда дополнительных блоков и устройств, производящих вре-

менное и частотное уплотнение метеоинформации для её передачи на ППИ по одному радиоканалу, повитковое запоминание данных и их воспроизведение в зоне радиовидимости ППИ. Для передачи группового информационного сигнала служила радиополоса с несущей частотой $466,5 \pm 0,3$ МГц.

Регулярность и оперативность получения глобальной метеоинформации обеспечивались ППИ Росгидромета, расположенные в гг. Обнинск, Новосибирск и Хабаровск.

Управление метеокомплексом осуществлялось по командам от командно-измерительной системы КА либо по программам управления от бортовой управляющей машины. В штатном режиме работы комплекса таковыми являлись, в основном, команды управления тремя устройствами повитковой магнитной записи/воспроизведения (УМЗ).

УМЗ (ТВ), входившее в МР-2000М, регистрировало аналоговую информацию в видимом участке спектра $0,5 - 0,8$ мкм на дневных полувитках орбиты (примерно в течение 55 мин) при высоте Солнца на местности не менее 5 град.

Команды включения и выключения аппаратуры обрабатывались по соответствующим сигналам датчика Солнца. Ширина полосы обзора составляла 2900 м. Её обзор осуществлялся за счёт сканирования поперек маршрута орбитального движения КА, частота строк – 4 Гц, угол зрения – $0,7 - 1,4$ мрад.

УМЗ (ИК) служило для регистрации вдоль всей орбиты аналогового сигнала ИК-радиометра «Климат», определяющего поле энергетической яркости системы «земная поверхность – атмосфера» в участке спектра $10,5 - 12,5$ мкм. Полоса обзора составляла 3100 км, частота строк сканирования – 2 Гц, угол зрения по строке – $0,7$ мрад, по кадру – $1,4$ мрад.

УМЗ (ЦИ) предназначался для запоминания цифровой информации ИК-радиометра «Климат», спектрофотометра СФМ-2, комплекса КГИ-4С (канал КГИ-ШО) и сигнала «Важное сообщение».

Антенно-фидерные устройства (АФУ) всех радиополос формировали асимметричные, ориентиро-

ванные в надири диаграммы направленности, которые создавали в любой точке зоны связи почти одинаковые потоки мощности излучения бортовых антенн.

Характеристики радиополос представлены в табл. 6.

Организация, проведение и основные результаты лётных испытаний

Задачи управления КА «Метеор-3М» № 1 были возложены Росавиакосмосом на ЦУП-М. Для выполнения программы полёта КА «Метеор-3М» № 1 была создана Главная оперативная группа управления (ГОГУ). Функции руководителей полёта, планирования и анализа были возложены на специалистов ЦУП-М. Техническое руководство полётом обеспечивалось разработчиками КА – специалистами НИИЭМ (г. Истра Московской обл.).

В кооперацию по управлению КА также входили:

- Центр космических наблюдений Росавиакосмоса – Главный оператор космической системы, обеспечивающий взаимодействие с потребителями космической информации, с центрами и станциями приёма информации;

- Научно-исследовательский центр «Планета», обеспечивающий приём, обработку и архивацию научной информации;

- Научно-исследовательский институт точных приборов – Главный конструктор наземного комплекса управления, обеспечивающий взаимодействие ЦУП-М со станциями слежения КА, находящимися на территории РФ;

- Институт прикладной геофизики, обеспечивающий специальную обработку и использование данных гелиогеофизических измерений;

- Центральная аэрологическая обсерватория, обеспечивающая обработку данных, получаемых с прибора СЕЙДЖ-3;

- Исследовательский центр им. Ленгли (США), обеспечивающий разработку и выдачу в ЦУП-М исходных данных для управления прибором СЕЙДЖ-3.

Общая схема взаимодействия ЦУП-М с ответственными организациями представлена на рис. 3.

Таблица 6

Характеристики радиополос КА «Метеор-3М» № 1 и параметры передаваемых по ним сигналов

Характеристики, параметр	Несущая частота, МГц		
	466,5 ± 0,3	1700	8192
Мощность РПД, Вт	15	10 – 12	10 – 14
Вид модуляции	Частотная	Фазовая или частотная	Фазовая
Поляризация	Линейная горизонтальная	Круговая правая	Круговая правая
Скорость передачи информации, Мбит/с	0,08	0,6654	15,36

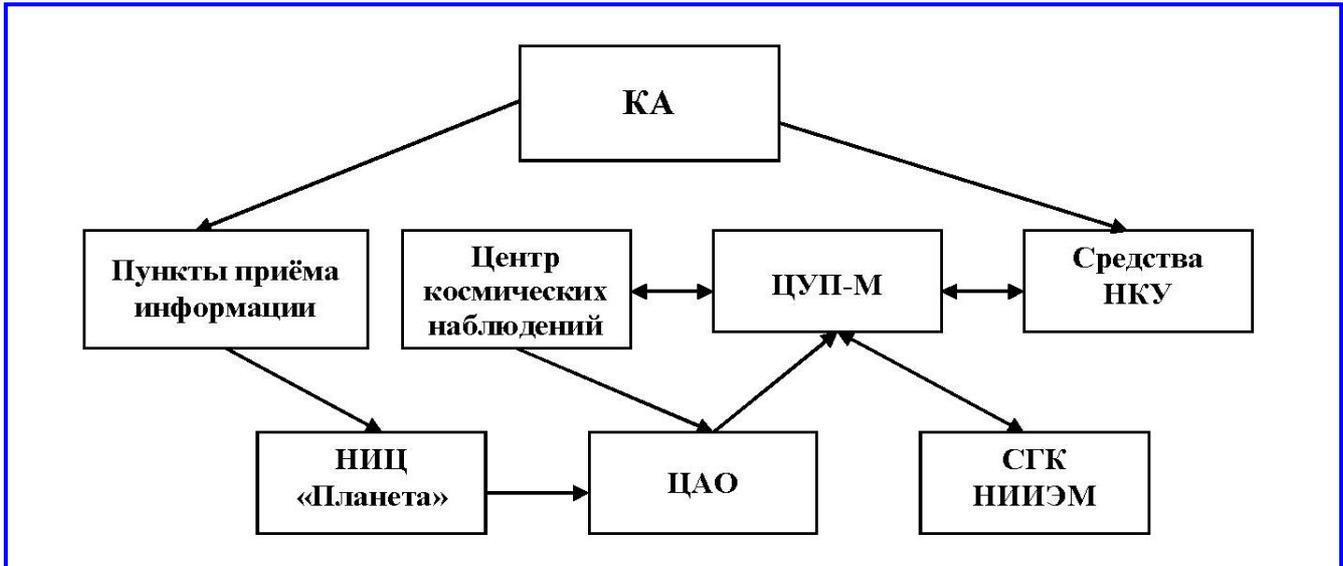


Рис. 3. Общая схема взаимодействия ЦУП-М с отечественными организациями

Для обеспечения эксплуатации КА по целевому применению персонал управления решал следующие задачи:

- составление долгосрочных планов полёта;
- реализация программ сеансов связи с КА;
- оперативный, детальный анализ работоспособности бортовой аппаратуры;
- баллистико-навигационное обеспечение управления КА;
- командно-программное обеспечение управления КА;
- телеметрическое обеспечение управления КА;
- информационное взаимодействие ЦУП-М с организациями, участвующими в управлении КА.

Для обеспечения управления КА в ЦУП-М были созданы высокотехнологичные аппаратно-программные средства.

В процессе полёта КА «Метеор-3М» № 1 ГОГУ столкнулась с необходимостью оперативной коррекции программно-математического обеспечения и технологии управления. В результате:

1. Разработана новая технология баллистико-навигационного обеспечения работы прибора СЕЙДЖ-3, обусловленная отсутствием работоспособности бортовой аппаратуры спутниковой навигации (БАСН).

Суть её заключалась в следующем:

- еженедельно из ЦУП-М в Центр им. Ленгли выдавалась информация о состоянии движения КА;
- на её основе в Центре им. Ленгли моделировался вектор состояния в формате GPS/GLONASS и выдавался в ЦУП-М;
- в ЦУП-М формировались информационные массивы командно-программной информации,

включающие данные о смоделированном векторе GPS/GLONASS;

– после согласования содержания массивов с НИИЭМ командно-программная информация «закладывалась» на борт КА и использовалась при проведении экспериментов с прибором СЕЙДЖ-3.

2. На начальном этапе управления КА была зафиксирована выдача несанкционированной команды на включение передатчика научной информации. Для устранения негативных последствий выдачи таких команд специалистами ЦУП-М и НИИЭМ были разработаны и «заложены» на борт КА циклограммы «Сторож», обеспечивающие профилактическую выдачу команд для периодического отключения основных узлов бортовой аппаратуры.

3. Было зафиксировано существенное систематическое рассогласование бортовой и наземной шкал времени (БШВ и НШВ). Для расчёта скорректированных значений БШВ использовалось разработанное ЦУП-М совместно с НИИ ТП программно-математическое обеспечение.

К моменту трёхлетнего срока эксплуатации КА «Метеор-3М» № 1 совершил более 20 000 витков вокруг Земли, в течение этого срока проведено 1 100 сеансов связи по командной радиолинии и 3 340 телеметрических сеансов.

Осуществлено около 11 500 сеансов передачи целевой информации, в том числе 5 800 сеансов с использованием прибора СЕЙДЖ-3, 650 сеансов с другими приборами научного комплекса, 5 700 – с применением видеоинформационного природно-ресурсного комплекса.

Получены космические снимки высокого качества. С использованием сканирующего устройства

высокого пространственного разрешения были получены изображения отдельных регионов России.

Это дало возможность эффективно и на постоянной основе контролировать созревание сельскохозяйственных культур и точно определять сроки агротехнических работ, картировать типы почв, определять их состояние.

Полученная информация применялась также при наблюдении за экологическими процессами в окружающей среде, судовождении, рыболовстве и во многих других социально-экономических областях.

В дальнейшем информация с КА «Метеор-3М» № 1 позволяла выполнять заявки на различные ви-

ды целевой информации, которые поступали от многочисленных российских и зарубежных потребителей.

Литература

1. ВНИИЭМ – 70 лет истории предприятия / Под ред. д-ра техн. наук Л. А. Макриденко. – М. : ФГУП «НПП ВНИИЭМ», 2011. – 327 с.
2. Космические системы, комплексы и аппараты дистанционного зондирования разработки АО «Корпорация «ВНИИЭМ» / Л. А. Макриденко, С. Н. Волков, А. В. Горбунов, В. П. Ходненко. – М. : АО «Корпорация «ВНИИЭМ», 2018. – Том 2. – 332 с.

Поступила в редакцию 10.09.2018

Леонид Алексеевич Макриденко, доктор технических наук, генеральный директор, т. (495) 365-56-10.
Сергей Николаевич Волков, доктор технических наук, 1-й заместитель генерального директора, т. (495) 366-42-56.
Александр Викторович Горбунов, кандидат технических наук, заместитель генерального директора, т. (495) 623-41-81
(АО «Корпорация «ВНИИЭМ»).

Рашид Салихович Салихов, кандидат технических наук, заместитель генерального директора
(АО «НИИЭМ»).

Владимир Павлович Ходненко, доктор технических наук, главный научный сотрудник, т. (495) 624-94-98.
E-mail: vniiem@orc.ru.
(АО «Корпорация «ВНИИЭМ»).

COMPLEX UNIFIED HYDROMETEOROLOGICAL SPACECRAFT «METEOR-3M» № 1

**L. A. Makridenko, S. N. Volkov, A. V. Gorbunov,
R. S. Salikhov, V. P. Khodnenko**

The article contains a brief history of development of hydrometeorological spacecraft (SC) «Meteor-3M» № 1 and describes the application of the SC. Basic characteristics of the SC and on-board information system equipment are presented in the article. Principles of arrangement and basic results of flight tests of «Meteor-3M» № 1 are described.

Key words: spacecraft, multipurpose, meteorological equipment, mission hardware, video information system for natural resources monitoring, onboard information system, radio link characteristics, flight tests.

References

1. VNIIEМ: 70-year History / edited by L.A. Makridenko, Doctor of Technical Sciences – M. : FGUE «NPP VNIIEМ», 2011. – 327 p.
2. Space systems, complexes and spacecraft for remote sensing developed by JC «VNIIEМ Corporation» / L. A. Makridenko, S. N. Volkov, A. V. Gorbunov, V. P. Khodnenko. – M. : JC «VNIIEМ Corporation», 2018. – Vol. 2. – 332 p.

Leonid Alekseevich Makridenko, Doctor of Technical Sciences (D. Sc.), Director General, tel. +7 (495) 365-56-10.
Sergei Nikolaevich Volkov, Doctor of Technical Sciences (D. Sc.), First Deputy Director General, tel. +7 (495) 366-42-56.
Aleksandr Viktorovich Gorbunov, Candidate of Technical Sciences (Ph. D.), Deputy Director General, tel. +7 (495) 623-41-81.
(JC «VNIIEМ Corporation»).

Rashit Salikhovich Salikhov, Candidate of Technical Sciences (Ph. D.), Deputy Director General.
(JSC «NIIEМ»).

Vladimir Pavlovich Khodnenko, Doctor of Technical Sciences (D. Sc.), Chief Researcher, tel. +7 (495) 624-94-98.
e-mail: vniiem@orc.ru.
(JC «VNIIEМ Corporation»).