

СТРАНИЦЫ ИСТОРИИ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ КОСМИЧЕСКОЙ МЕТЕОРОЛОГИИ

УДК 551.5

«МЕТЕОР» – БАЗОВЫЙ АППАРАТ КОСМИЧЕСКОЙ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ПЕРВОГО ПОКОЛЕНИЯ

Л.А. Макриденко, С.Н. Волков,
А.В. Горбунов, В.П. Ходненко
(ОАО «Корпорация «ВНИИЭМ»)

Описан спутник «Метеор», являющийся базовым аппаратом метеорологической космической системы первого поколения. Приведена конструкция ИСЗ «Метеор», даны характеристики его служебных систем и информационно-измерительной аппаратуры, изложены принципы обработки спутниковой информации и приведены первые результаты.

Ключевые слова: спутник, метеорологическая космическая система, служебные системы, информационно-измерительная аппаратура, орбитальная группировка, наземные пункты приёма, обработки и распространения метеорологической информации.

26 марта 1969 г. был запущен метеорологический спутник, который впервые получил официальное название «Метеор».

В этом же году вышло Постановление правительства о приёме метеорологической космической системы (МКС) «Метеор» в постоянную эксплуатацию.

В дальнейшем восполнение системы осуществлялось из такого расчёта, чтобы в составе её орбитальной группировки постоянно находились 2 – 3 работающих спутника при наличии трёх специально созданных наземных пунктов приёма, обработки и распространения метеорологической информации, расположенных в Москве, Новосибирске и Хабаровске.

ИСЗ космической системы «Метеор» в полной мере отвечал всем требованиям космической метеорологии.

Он предназначался для получения информации о пространственном распределении облачного, снежного и ледового покровов на Земном шаре и об интенсивности потоков радиации системы «Земля – атмосфера» с целью использования этой информации для службы погоды.

На спутнике «Метеор» была установлена аппаратура для фотографирования облачного и ледового покрова Земли в ночное и дневное время, приборы, позволяющие измерять из космоса температурные характеристики Земли и атмосферы, собственную и отражённую радиацию, влажность, давление и другие параметры.

Комплекс телевизионной, инфракрасной и актинометрической аппаратуры позволял получать данные о распределении облачности, снежного и

ледового покрова вместе с температурными полями Земли и верхних границ облаков, а также тепловых энергетических параметров облачного покрова и подстилающей поверхности вдоль траектории полёта ИСЗ.

Помимо информационно-измерительной аппаратуры на спутнике был установлен большой комплекс электротехнических и радиоэлектронных устройств, обеспечивающих его длительную, надёжную работу.

Необходимо отметить, что принятая во ВНИИЭМ с самого начала методология разработки ИСЗ предполагала разделение спутника на две взаимно связанные части:

– космическую платформу (КП) – носитель служебных систем, которая по своим точностным, энергетическим и надёжностным характеристикам удовлетворяет практически любому набору служебных и научно-информационных систем;

– приборный отсек, который может модифицироваться в зависимости от приборного состава и средств связи с Землей.

Такой подход даёт возможность, не изменяя КП (отсека служебных систем), непрерывно улучшать тактико-технические и эксплуатационные характеристики спутника за счёт использования постоянно и быстро совершенствующейся научно-информационной аппаратуры.

Что касается КП, то при рационально выбранной стратегии разработки, время её технического старения более продолжительно, чем научно-информационной аппаратуры.

ИСЗ «Метеор» представлял собой ориентированный по трём осям космический аппарат, герметически изолированный от внешней среды, на котором установлена метеорологическая аппаратура, системы управления и радиотехническое оборудование, с помощью которого осуществлялось запоминание и передача на Землю метеоинформации, а также информации о работе систем спутника.

Спутник «Метеор» состоял из двух герметичных отсеков (рис. 1):

- приборного, где размещалась метеорологическая аппаратура;
- служебного, где были расположены основные служебные системы.

Со служебным отсеком конструктивно связан механизм электропривода 1 панелей солнечных батарей (СБ). Две панели СБ 2 крепились на траверсе служебного отсека.

СБ были собраны из фотопреобразователей общей площадью $12,25 \text{ м}^2$ и разделены на два крыла. Каждое крыло состояло из четырёх панелей, одинаковых по конструкции и габаритным размерам.

Между собой панели СБ были соединены с помощью торсионных механизмов, так что каждое крыло имело возможность складываться «гармошкой» в один пакет.

После отделения спутника от ракеты-носителя СБ раскрывались под действием торсионов, панели разворачивались на 180° и в таком положении происходила их фиксация. Траверса обеспечивала возможность поворота СБ по азимуту на угол $\pm 180^\circ$.

В связи с тем, что спутник имел жёсткую трёхосную ориентацию, СБ снабжались автономной системой слежения за Солнцем, обеспечивающей независимую ориентацию плоскостей батареи, перпендикулярно направлению солнечных лучей.

На корпусе служебного отсека, кроме привода СБ, размещалась также газореактивная система (ГРС).

Приёмные блоки метеорологической аппаратуры и устройства системы ориентации располагались на фланцах приборного отсека, обеспечивая соответствующие углы обзора каждого блока.

Датчик высоты Солнца и два солнечных датчика системы ориентации СБ располагались на траверсе, остальная аппаратура размещалась внутри служебного отсека на приборной раме.

По среднему сечению служебного отсека крепилась малая рама, на которой размещались блоки системы ориентации (СО), в том числе три двигателя-маховика, блок датчиков угловых скоростей и два гироскопа.

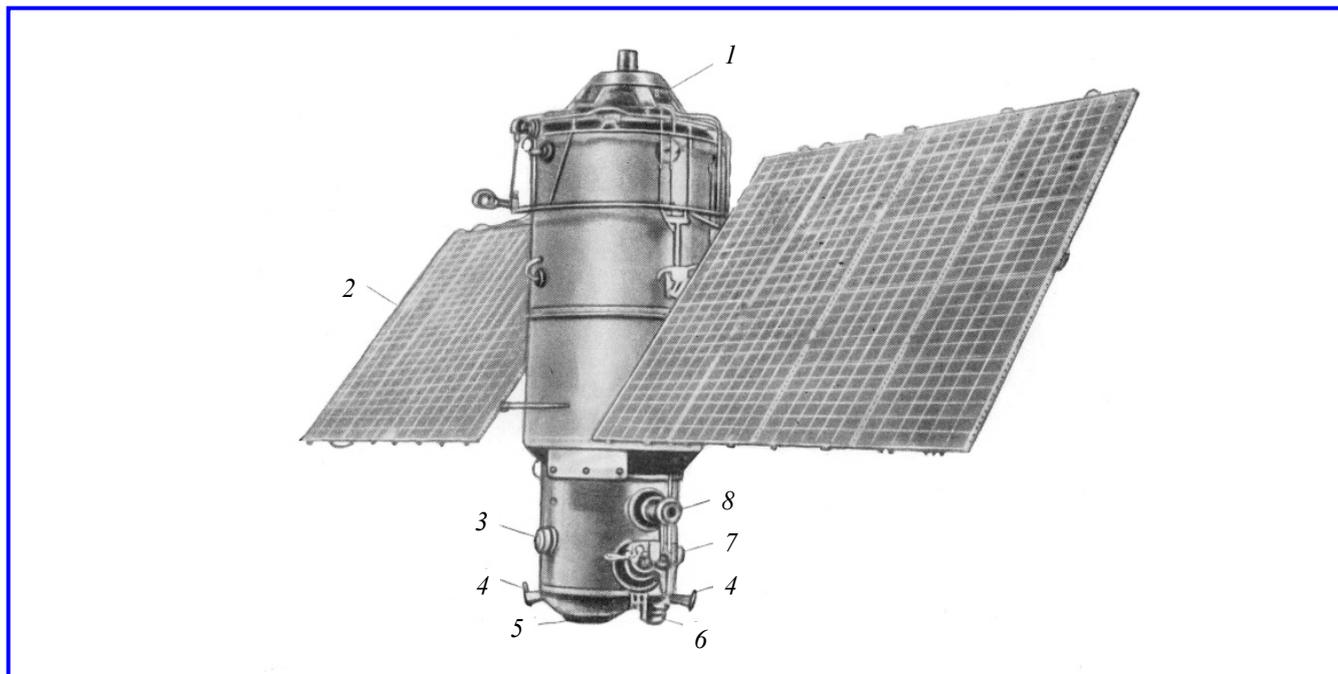


Рис. 1. Спутник «Метеор»: 1 – привод системы ориентации солнечных батарей; 2 – панели солнечных батарей; 3 – аппаратура контроля орбиты; 4 – антенны; 5 – телевизионные камеры; 6 – магнитометр; 7 – приёмное устройство актинометрической аппаратуры; 8 – приёмное устройство инфракрасной аппаратуры

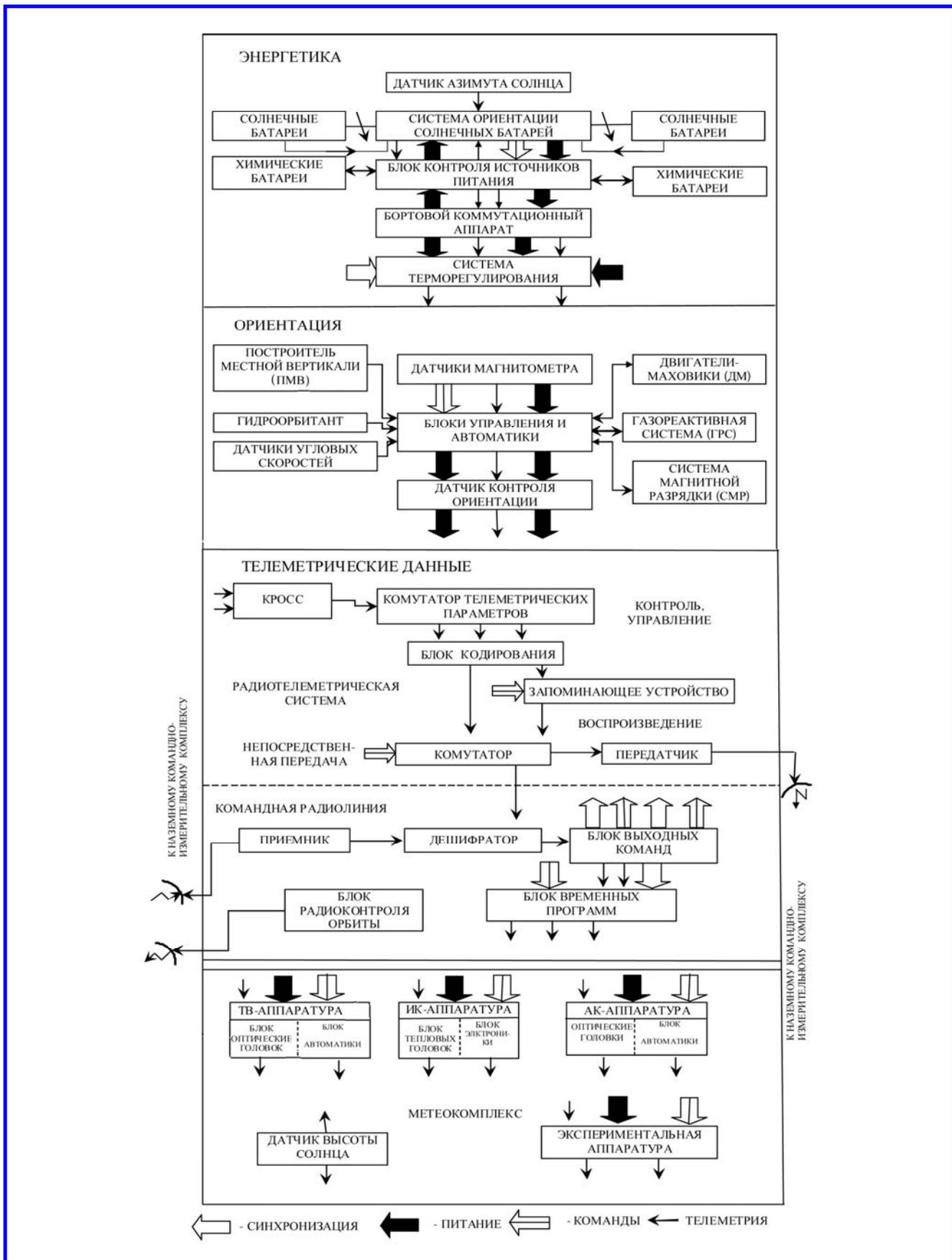


Рис. 2. Структурная схема ИСЗ «Метеор»

Структурная схема ИСЗ «Метеор» представлена на рис. 2.

ИСЗ «Метеор» являлся спутником, имеющим активную систему ориентации корпуса (СОК). СОК обеспечивала непрерывную точную ориентацию спутника относительно орбитальной системы координат.

Ориентация осуществлялась системой автоматического регулирования, входными параметрами которой являлись сигналы, пропорциональные угловым скоростям вращения спутника и угловым отклонениям его осей. В СОК в качестве чувствительного элемента по крену и тангажу был применён построитель местной вертикали (ПМВ), использующий ИК-излучение Земли. Для выдачи сигналов управления по тангажу и крену использовались гироскопические датчики угловых скоростей. Чувствительными элементами по рысканию являлись курсовое гироскопическое устройство (гироорбитант) и фотодатчики азимута Солнца.

Исполнительными органами СОК являлись три электродвигателя-маховика, расположенные в трёх взаимно-перпендикулярных плоскостях. Электромаховичная система ориентации дополнялась газореактивной и электромагнитной системами успокоения.

Исполнительные органы предназначались для первоначального успокоения спутника при отделении его от ракеты-носителя и поддержания стабилизированного положения его осей по отношению к осям орбитального трёхгранника.

Для определения положения осей спутника осуществлялась запись и передача на Землю показаний ПМВ Земли и гиросорбитанта.

Для периодического контроля точности работы ПМВ и гиросорбитанта на борту ИСЗ «Метеор» был установлен датчик контроля ориентации, который в сочетании с орбитальными измерениями определял отклонение осей спутника относительно орбитального трёхгранника.

Приёмные устройства метеорологической аппаратуры все время были направлены на Землю. С одной стороны, это позволяло непрерывно регистрировать метеорологические данные на трассе полёта. С другой – применять, наряду с телевизионной аппаратурой кадровой съёмки, простую и надёжную инфракрасную и актинометрическую технику, работающую на принципе непрерывного сканирования земной поверхности. Необходимо отметить, что высокая точность ориентации снимает необходимость учёта углового положения ап-

парата при географической привязке метеоинформации, что существенно упрощает наземную обработку.

Электромеханическая система ориентации спутника «Метеор» являлась автономной, не требовала вмешательства наземных вычислительных устройств для коррекции её работы.

Энергопитание всех бортовых систем спутника осуществлялось автономно (независимо от корпуса) ориентированными на Солнце солнечными батареями с помощью специального привода, работающего по сигналам датчика направления на Солнце.

Особенностью системы энергопитания (СЭП) спутника «Метеор» являлась переменная цикличность поступления электроэнергии на витке. Она была обусловлена изменением положения плоскости орбиты относительно направления солнечных лучей при длительной работе спутника.

СЭП обеспечивала бортовую аппаратуру (БА) энергией постоянного тока при номинальном напряжении 27 В со средней точкой.

Панели с кремниевыми фотопреобразователями были наклонены на угол 33° к вертикальной оси спутника и поворачивались вокруг неё, отслеживая угол азимута Солнца.

Такая система слежения обеспечивала минимальный вес СЭП при сохранении высокой эффективности использования преобразователей солнечной энергии. Ориентация СБ осуществлялась с помощью специального следящего электропривода. Он состоял из фотоэлектронного датчика азимута Солнца, логических и усилительных устройств, электродвигателя и приводного механизма. Силовой подшипниковый узел последнего работал в космическом вакууме.

В состав СЭП входила также буферная химическая батарея (ХБ), предназначенная для питания аппаратуры при запуске спутника, нахождении его в тени и для снятия пиков нагрузки. ХБ состояла из четырёх блоков, соединённых по последовательно-параллельной схеме. Каждый блок набирался из одиннадцати последовательно соединённых герметичных кадмиево-никелевых аккумуляторов типа КНГ-30.

Регулирование процессов заряда-разряда, управление и распределение питания, производилось блоком контроля источников питания, который кроме перечисленных функций осуществлял контроль текущего энергетического состояния аккумуляторных батарей и учёт программы работы БА.

Система терморегулирования (СТР) поддерживала необходимый тепловой режим БА спутника, управляя процессами поглощения и отражения поверхностью аппарата тепла, приходящего от Солнца и Земли, а также измерением тепла, выделяемого БА спутника при её работе.

Важную роль в выравнивании внутренней температуры играли вентиляторы, обеспечивающие движение охлаждающего газа (азота) внутри герметичного корпуса спутника при отсутствии конвекции в невесомости.

Управление ИСЗ «Метеор» осуществлялось с помощью командной радиоперелинии (КРЛ) и бортового программно-временного устройства (БПВУ). Обе эти системы управляли режимами сбора и передачи информации, переключали основные и резервные комплекты бортовой аппаратуры в случае каких-либо отказов и осуществляли другие коммутационные операции.

Кроме того, они осуществляли также точную синхронизацию работы всех регистрирующих и запоминающих устройств, находящихся на борту спутника. Это обеспечивало временную, а, следовательно, и географическую привязку метеорологической информации.

КРЛ осуществляла приём команд с Земли, дешифровку и выдачу их на исполнительные органы аппаратуры непосредственно, или через бортовой коммутационный автомат (БКА).

БПВУ обеспечивало работу бортовых систем по четырём жёстким временным циклам (два цикла записи и два цикла воспроизведения).

Для контроля состояния бортовой аппаратуры использовалась радиотелеметрическая система (РТС), работающая в режимах непосредственной передачи и записи-воспроизведения.

Для привязки информации ко времени в РТС входил блок преобразования временной информации, который выдавал номера текущих минутных меток. Последние, в свою очередь, запоминались вместе с соответствующей им информацией.

В состав системы управления аппаратурой ИСЗ «Метеор» входил также датчик высоты Солнца, по сигналам которого включалась и отключалась ТВ-аппаратура, а также переключались диафрагмы ТВ-аппаратуры, в зависимости от высоты Солнца над местным горизонтом.

Определение траектории движения спутника с выработкой целеуказаний для антенны наземных приёмных пунктов осуществлялось системой радиоконтроля орбиты с использованием высокостабильного по частоте передатчика. При этом изме-

рение элементов орбиты производилось на основе эффекта Доплера.

Управление, контроль состояния и измерение траектории спутника осуществлялось средствами наземного командно-измерительного комплекса, имеющего необходимые радиотехнические и вычислительные средства для обработки и анализа телеметрической информации, а также для реализации командного управления.

Для определения положения спутника на орбите в момент радиосвязи с ним на борту устанавливались системы радиоконтроля орбиты «Рубин-Д» и «Краб-А3».

Система «Рубин-Д» служила для точного определения положения спутника на орбите и функционировала совместно с наземной станцией «Кама-Е».

Система «Краб-А3» дублировала систему «Рубин-Д», работая по сигналам бортового передатчика.

Общие технические характеристики ИСЗ «Метеор»:

1. Конструктивно контейнер ИСЗ «Метеор» представлял собой цилиндр диаметром 1,1 м и общей высотой – 3,3 м. Ширина ИСЗ с раскрытыми СБ – около 8 м.

2. Полный вес ИСЗ «Метеор» с СБ (полётный вес) – 1280 кг.

3. Средняя потребляемая мощность за виток – до 280 Вт.

Максимальная потребляемая мощность в режиме передачи информации – до 800 Вт. Номинальный ток СБ при параллельной работе с ХБ – 19,3 А. Номинальная ёмкость двух АБ – 60 А·ч.

4. Точность ориентации контейнера ИСЗ по осям крена и тангажа – не хуже $\pm 2,5^\circ$, по оси рысканья – не хуже $\pm 3,5^\circ$.

5. Максимальная угловая скорость отклонения осей ориентации ИСЗ не превышала 0,05 %/с.

6. Температура циркулирующего внутри объекта газа (азота) $5 \div 40^\circ\text{C}$, давление $P = 1 \pm 0,2$ ата и влажность при $t = 20^\circ\text{C}$ в пределах $80 \pm 5\%$.

7. Максимально возможный объём информации за виток $3 \cdot 10^6$ измерений плюс 48 телевизионных кадров.

8. Точность временной привязки информации (с учётом ошибок наземных устройств) – не хуже 780 мс.

9. Количество команд управления – 120.

10. ТВ-аппаратура давала возможность получать информацию о распределении облачного и ледового покровов с освещённой территории земного шара. При этом мгновенное поле зрения

одной ТВ-камеры составляло 38×38 град, что при скорости фотографирования 2 полукадра в минуту и высоте орбиты 900 км давало ширину полосы захвата земной поверхности 1420 км (для высоты орбиты 650 км – соответственно 1000 км). Размер элемента изображения на местности (в надире) составлял $1,8 \times 1,8$ км² для высоты орбиты 900 км, и $1,25 \times 1,25$ км² для высоты 650 км соответственно.

11. ИК-аппаратура работала в спектральном диапазоне 8 – 12 мк, что позволяло получать информацию телевизионного типа как с освещённой, так и с неосвещённой сторон земного шара. Ширина полосы захвата земной поверхности у ИК-аппаратуры составляла 1600 км при разрешающей способности в надире 25×25 км² для высоты орбиты 900 – 1000 км и 15×15 км² – для высоты 650 км соответственно.

12. Узкоугольный прибор актинометрической аппаратуры работал в спектральных диапазонах 0,3 – 3 мкм, 3 – 30 мкм и 8 – 12 мкм. Элементарный угол зрения узкоугольного прибора $4 \times 5^\circ$ при полном угле сканирования $\pm 90^\circ$. Обрабатываемая полоса захвата по земному шару ± 2000 км для высоты орбиты 900 км и ± 1000 км для высоты 650 км соответственно.

Актинометрическая аппаратура позволяла измерять интенсивность потоков радиации системы «Земля – атмосфера».

Метеорологическая аппаратура ИСЗ «Метеор» включала: телевизионную, инфракрасную и актинометрическую аппаратуру.

Необходимо отметить, что для анализа и прогноза погоды наибольший интерес представляют:

- распределение облачности снежного покрова и ледяных полей;
- температура подстилающей поверхности и верхней границы облаков;
- составляющие радиационного баланса земной поверхности и атмосферы;
- вертикальное распределение температуры и влажности в атмосфере;
- зоны выпадения осадков, их интенсивность;
- распределение очагов грозовой деятельности и др.

Однако все интересующие метеорологов явления происходят в нижнем (30 – 40 км) слое атмосферы. Спутники же существуют на значительно больших высотах, где измерение параметров атмосферы для целей оперативного использования их в прогнозах погоды особого интереса не представляет. В связи с этим методы получения метеорологи-

ческой информации со спутников строятся на основе анализа характеристик поля электромагнитного излучения, измеряемых со спутников с различным спектральным, угловым и пространственным разрешением.

Многие же параметры атмосферы и подстилающей поверхности определяются пересчётом полученных результатов измерений указанных характеристик, т. е., на основе решения так называемых обратных метеорологических задач.

ТВ-аппаратура использовалась для наблюдения за облачностью на дневной стороне Земли.

Она осуществляла покадровую съёмку облачности и подстилающей поверхности вдоль трассы полёта двумя камерами. Одна снимала левую, вторая – правую сторону полосы обзора с небольшими перекрытиями соседних кадров. При определении параметров аппаратуры ставилась задача – получить по её снимкам сведения о типе и количестве облачности на площадях, соизмеримых с размерами основных синоптических объектов (циклонов, антициклонов, атмосферных фронтов и др.).

Для решения этой задачи ТВ-камеры были сконструированы таким образом, чтобы с высоты 600 – 700 км ширина полосы захвата на местности составляла около 1000 км, а пространственное разрешение изображений равнялось $1,25 \times 1,25$ км² в надире (центре изображения). Для высоты орбиты 900 км указанные параметры составляли 1420 км и $1,8 \times 1,8$ км² соответственно.

На ночной стороне Земли для наблюдения за облачностью использовалась ИК-аппаратура телевизионного типа, чувствительная к потоку радиации в «окне прозрачности» атмосферы 8 – 12 мк. В этом участке спектра сосредоточен максимум радиации, излучаемой земной поверхностью и облаками. Причём величина её определяется в основном температурой излучающих поверхностей. В то же время отражённая солнечная радиация практически отсутствует.

В связи с этим с помощью ИК-аппаратуры на фоне земной поверхности можно обнаружить облака по меньшим величинам уходящей радиации не только на ночной, но и на дневной стороне Земли.

С целью получения изображения приёмное устройство ИК-аппаратуры совершало сканирующее движение в плоскости, перпендикулярной плоскости орбиты, последовательно просматривая участок за участком заданной полосы обзора. Пе-

риод сканирования выбирался таким, чтобы изображение вдоль полосы обзора было непрерывным. Для анализа полей облачности ширина полосы захвата на местности для высоты орбиты 600 – 700 км, применительно к ИК-аппаратуре, была принята около 1000 км. Пространственное разрешение при этом составляло $15 \times 15 \text{ км}^2$ в надире, а чувствительность к температурным перепадам $2\text{--}3^\circ$ при положительных и $7\text{--}8^\circ$ при отрицательных температурах. Для высоты орбиты спутника 900 км указанные характеристики составляли 1600 км, $25 \times 25 \text{ км}^2$ соответственно.

Для измерения уходящей радиации использовалась актинометрическая (АК) аппаратура, включающая два сканирующих узкосекторных прибора и два не сканирующих широкосекторных прибора, в поле зрения которых находился весь видимый с высоты спутника диск Земли. Один из узкосекторных приборов измерял интенсивность уходящего излучения в спектральном диапазоне $0,3\text{--}3 \text{ мк}$, второй – в спектральном диапазоне $3\text{--}30 \text{ мк}$ при сканировании в одном направлении и $8\text{--}12 \text{ мк}$ при сканировании в противоположном направлении. При выборе этих спектральных интервалов учитывалось, что на область спектра $0,3\text{--}3 \text{ мк}$ приходится основная часть энергии потоков солнечной радиации, а на участке спектра $3\text{--}30 \text{ мк}$ почти целиком локализовано собственное тепловое излучение земной поверхности, облачности и атмосферы.

В связи с этим результаты измерения могли быть использованы для изучения отражательных и излучательных свойств облаков, открытых участков земной поверхности, а также для определения составляющих радиационного баланса системы «Земля – атмосфера».

Измерения в спектральном диапазоне $8\text{--}12 \text{ мк}$, в котором атмосфера слабо поглощает уходящее излучение, позволяли определять температуру верхней границы облаков и открытых участков подстилающей поверхности, находящихся в поле зрения прибора.

Для узкосекторных АК-приборов ставилась задача – получить измерения, пригодные для совместного анализа наземными наблюдателями, и уточнить анализ ТВ и ИК-снимков облачности. Исходя из плотности, существующей на то время сети метеорологических станций, пространственное разрешение этих приборов было принято равным $50 \times 50 \text{ км}^2$ в надире. Рабочий угол сканирования выбран $\pm 60^\circ$ от

направления в надир, что позволяло обеспечить полосу захвата на местности шириной около 2500 км.

С помощью широкосекторных АК-приборов, суммирующих радиацию на большой площади, измерялся поток уходящего излучения в спектральном диапазоне $0,3\text{--}3 \text{ мк}$. Результаты этих измерений, так же как и измерения узкосекторных приборов, позволяли получать значения планетарного радиационного баланса.

Однако для надёжного его определения, в первую очередь, необходимо было учитывать угловую структуру поля уходящей радиации, что и было сделано при первых измерениях.

Относительная погрешность измерений, осуществляемых с помощью АК-аппаратуры, составляла около 5%.

Метеорологическая аппаратура на каждом витке могла работать циклами различной продолжительности и включалась с помощью специального программного устройства, а также по командам с Земли.

Весь огромный объём информации, насчитывающий за один оборот спутника несколько миллионов двоичных единиц, подвергался кодировке, накапливался в бортовых запоминающих устройствах и передавался наземным станциям во время коротких сеансов связи. В период нахождения спутников «Метеор» в зоне радиовидимости приёмных метеорологических станций значительная часть информации посылалась на Землю в оперативном режиме непосредственной передачи.

Первые метеорологические спутники «Метеор» позволяли оперативно включать и использовать в службах погоды, наряду с ТВ-информацией об облачности, результаты дешифрирования ИК-изображений облачности и данные измерений уходящей радиации, отражённой и излученной системой «Земля – атмосфера». Объём получаемой информации по всем видам метеорологических наблюдений с созданием космической системы «Метеор» был существенно увеличен, что, несомненно, явилось крупным достижением отечественной науки и техники.

Для использования ИСЗ в интересах службы погоды большое значение имела наземная система сбора, обработки и распространения спутниковой информации.

ТВ и ИК-информация на наземных приёмных пунктах регистрировалась на магнитную ленту и

на фотоплёнку. АК-информация записывалась только на магнитную ленту.

Обработка зарегистрированных на фотоплёнку изображений состояла из изготовления фотоснимков и фотомонтажей, трансформирования, географической и временной привязки изображений; дешифрирования изображений облачности, составления схематических карт облачности, т. е. карт нефанализа, удобных для передачи по факсимильным линиям связи; составление и выдачу по данным карт нефанализа буквенно-цифровых телеграмм.

Данные измерений АК-аппаратуры обрабатывались с помощью электронно-вычислительных машин. Программа машинной обработки предусматривала привязку результатов измерений ко времени и географическим координатам, пересчёт измерений в физические величины и выдачу результатов.

Результаты обработки представлялись в виде цифровых карт радиационной температуры (по измерениям 8 – 12 мк) и интенсивности отражённой (0,3 – 3 мк) и излученной (3 – 30 мк) радиации. Карты снабжались автоматически нанесённой на них сеткой географических координат.

Возможность совместной обработки всей метеоинформации на базе Гидрометеоцентра в Москве и региональных центров в Новосибирске и Хабаровске, позволяла уточнять данные спутниковых и наземных наблюдений, и на этой основе улучшать качество их анализа.

Обработанная информация собиралась в Гидрометеоцентре СССР, отсюда она распространялась в подразделения службы погоды внутри страны и за границу.

Анализ материалов наблюдений, полученных с первых метеорологических спутников показал, что на ТВ и ИК-снимках формы облачных образований, их структура и яркость весьма разнообразны. В структуре полей облачности выявлены особенности, которые невозможно проследить с помощью наземной сети метеорологических станций при ограниченном поле зрения наблюдателя.

Как на ТВ, так и на ИК-снимках, уверенно распознавались крупномасштабные облачные системы, связанные с циклонами, ураганами, тайфунами, атмосферными фронтами и зонами внутритропической конвергенции.

Характер структуры полей облачности, форма облачных образований и яркость их изображений

на снимках, позволяли сделать заключение не только о положении, но и о состоянии и эволюции соответствующих синоптических объектов и воздушных масс. Было показано, что исходя из формы облачности и характера пространственного распределения облаков, можно составить представление о ветре, типе воздушной массы и её температурных характеристиках.

Дневные и ночные ИК-изображения по своей контрастности практически не отличались друг от друга, и возможности распознавания облачности по этим изображениям были примерно одинаковы.

При малооблачной погоде разница в отражательной способности и температуре различных участков подстилающей поверхности давала возможность на ТВ и ИК-снимках отличать сушу от водной поверхности, видеть береговые линии, долины крупных рек, границы морских льдов, покрытые снегом горные массивы.

По данным радиационных наблюдений в каждом из спектральных диапазонов (0,3 – 3, 3 – 30 и 8 – 12 мк) имелась возможность, по крайней мере, в средних и низких широтах, распознавать сплошную крупномасштабную облачность и районы малооблачной погоды.

Измерения в спектральных диапазонах (3 – 30 и 8 – 12 мк) могли быть использованы для этих целей как днём, так и ночью, причём в «окне прозрачности» 8 – 12 мк они позволяли приближённо оценить высоту сплошных облаков.

Результаты анализа спутниковых данных также показали, что одновременное получение ТВ и ИК-изображений и измерений уходящего излучения с ориентированных спутников представляют значительно большую ценность для изучения погоды и атмосферных процессов, чем получение одних ТВ-снимков облачности на освещённой стороне Земли.

Такая совместная информация позволяла надёжнее оценивать синоптическую обстановку и характер развития атмосферных процессов. Она оказалась полезна для анализа атмосферных процессов и условий погоды как над районами с ограниченными метеонаблюдениями, так и для районов с плотной сетью метеорологических станций.

Большой интерес представляли данные о расположении льда в Ледовитом океане, получаемые со спутников. Особенно была ценна космическая ледовая разведка над районами

Ледовитого океана в навигацию по Северному морскому пути.

Первые результаты функционирования спутников

«Метеор» свидетельствовали о правильности расчётов и предложений, сделанных специалистами при их создании.

Поступила в редакцию 03.06.2013

*Леонид Алексеевич Макриденко, д-р техн. наук, генеральный директор,
т. (495) 365-56-10, e-mail: vniiem@orc.ru.*

*Сергей Николаевич Волков, д-р техн. наук, 1-й зам. генерального директора, т. (495) 366-42-56.
Александр Викторович Горбунов, канд. техн. наук, зам. генерального директора, т. (495) 623-41-81.*

*Владимир Павлович Ходненко, д-р техн. наук, главный научн. сотрудник,
т. (495) 624-94-98, e-mail: vniiem@orc.ru.*