

**А.Л. Чуркин (ФГУП «НПП ВНИИЭМ»)**

В 1988 г окончил Московский институт радиотехники, электроники и автоматики (МИРЭА), факультет «Кибернетика», по специальности «робототехнические системы». С 1992 г. работает во ВНИИЭМ. В настоящее время — главный конструктор космического комплекса «Метеор-МП».

## Гидрометеорологический и океанографический космический комплекс четвертого поколения «Метеор-МП»

В последнее десятилетие диапазон космических интересов ФГУП «НПП ВНИИЭМ» значительно расширился. В сферу деятельности предприятия в настоящее время входят задачи всего тематического спектра дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ): от научного изучения планеты и окружающего космического пространства до картографии и мониторинга чрезвычайных ситуаций.

При этом ФГУП «НПП ВНИИЭМ» не забывает про одно из своих традиционных направлений ДЗЗ — гидрометеорологию — и, опять-таки традиционно, не останавливается на достигнутом. Параллельно с развертыванием и отладкой космического комплекса (КК) «Метеор-3М» начата разработка КК «Метеор-МП» — комплекса нового, четвертого (следующего после «Метеор-3М») поколения.

В 2010 г. разработан и защищен эскизный проект КК «Метеор-МП», а 17 февраля 2011 г. предприятие получило право на продолжение работ по созданию КК. В течение последних лет, на фоне создания космической системы (КС) «Метеор-3М», в рамках НИР, системных проектов и др., ФГУП «НПП ВНИИЭМ» в кооперации при научно-техническом сотрудничестве с ФГУП «ЦНИИМАШ» и ГУ «НИЦ «Планета» исследовались возможные и целесообразные направления и средства модернизации КС гидрометеорологического и океанографического обеспечения. Результаты исследований

вполне коррелируются с техническим заданием на ОКР «Метеор-МП».

Эскизный проект демонстрирует, что при создании российского гидрометеорологического и океанографического КК следующего поколения основными задачами будут являться:

- расширение рабочих спектральных диапазонов, увеличение количества спектральных каналов и повышение метрических свойств информационной аппаратуры в стремлении к современным международным требованиям;
- создание ряда принципиально новых для российского космического приборостроения информационных приборов, основанных на вновь осваиваемых методах ДЗЗ и атмосферы;
- повышение пропускной способности радиоканалов передачи целевой информации (включая освоение новых радиочастотных диапазонов) при сохранении задачи использования существующих наземных приемных средств и применения международных частот и форматов передачи данных;
- совершенствование координатно-временной привязки целевой информации, автоматизации наземной первичной и стандартной вторичной обработки;
- рациональное распределение информационных приборов по отдельным космическим аппаратам

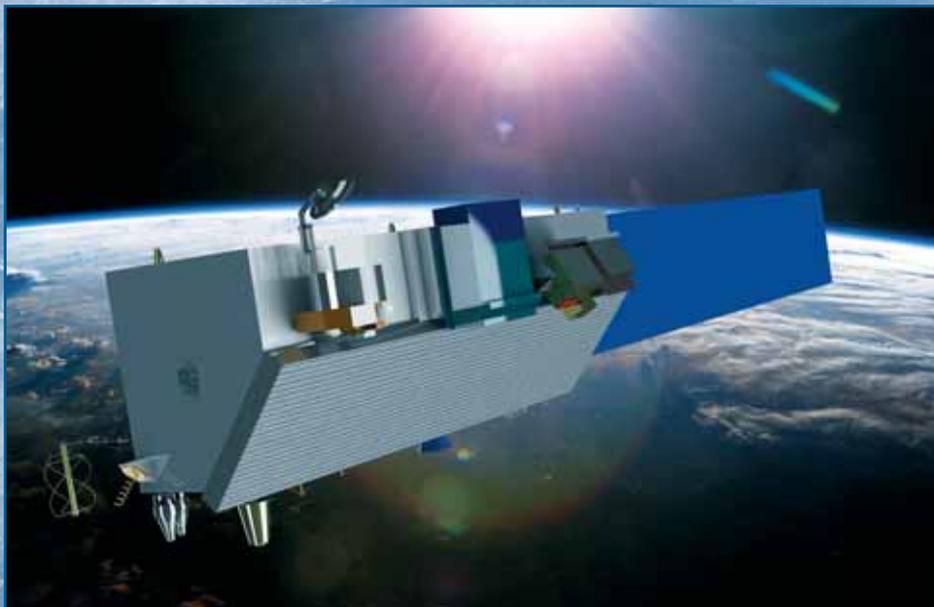


Рис. 1.  
Гидрометеорологический космический аппарат «Метеор-МП»

(КА), обеспечивающее сочетаемость и взаимное дополнение видов одновременно получаемой информации; электромагнитную и геометрическую совместимость аппаратуры на борту КА; оптимальную загрузку радиоканалов и мощности средств электроснабжения КА и пр.;

- оптимизация баллистического построения орбитальной группировки с целью повышения периодичности обзора средствами глобального наблюдения с ограниченного количества КА, а также сбалансированного сочетания полос обзора, пространственного разрешения и радиометрических свойств различной информационной аппаратуры на одном борту;
- повышение срока активного существования (САС) информационной аппаратуры и КА в целом до оптимальных значений;
- рациональный подход к комплектации российских КА гидрометеорологического и океанографического КК с помощью планируемого использования информации других КК ДЗЗ.

По формальным признакам выполняемой разработки в соответствии с федеральной космической программой для КК «Метеор-МП» сохраняется состав оперативной орбитальной группировки системы: три КА на солнечно-синхронных орбитах (ССО) с океанографической специализацией третьего; по основным позициям сохраняется состав информационных приборов. При этом часть задач уточняется и дополняется, вводятся новые. Однако после защиты эскизного проекта госзаказчиком уточнено: в связи со значительным количеством вновь вводимых и существенно модернизируемых приборов два оперативных гидрометеорологических КА должен предвдвять КА, специально создаваемый для летно-конструкторских испытаний, а для оперативного восполнения группировки в дальнейшем предусматривается изготовление одного резервного гидрометеорологического КА. Таким образом, в целом работа предусматривает создание пяти аппаратов.

Если приборный состав КА для океанографических наблюдений и исследований еще уточняется, то комплекс информационной аппаратуры гидрометеорологических КА (рис. 1) практически согласован:

- многозональное сканирующее устройство малого разрешения (МСУ-МР);
- инфракрасный Фурье-спектрометр (ИКФС);
- спектрометр для определения газового состава атмосферы (СА);
- модуль температурно-влажностного зондирования атмосферы (МТВЗА);
- комплекс многозональной спектральной съемки среднего разрешения (КМСС);
- гидрометеорологический бортовой радиолокационный комплекс (МБРЛК);
- аппаратура радиопросвечивания атмосферы (АРМА);
- бортовой радиокомплекс системы сбора и передачи данных (БРК ССПД);
- гелиогеофизический аппаратный комплекс (ГТАК);
- бортовая информационная система (БИС).

Несмотря на совпадение наименований большинства приборов с наименованиями их предшественников, во многих случаях это качественно новая аппаратура, создаваемая с участием как традиционной, так и вновь привлекаемой кооперации ФГУП «НПП ВНИИЭМ».

**МСУ-МР.** Его «однофамильцев» с КА «Метеор-М» №№ 1 и 2 (6 спектральных каналов, пространственное разрешение 1 км), несмотря на сохранение назначения (глобальная съемка облачности, поверхности Земли, Мирового океана, в т. ч. ледового покрова на освещенной и теневой сторонах Земли), затруднительно назвать даже прототипами МСУ-МР КА «Метеор-МП». Новый прибор будет обладать 17 спектральными каналами в видимом и инфракрасном (ближнем, среднем и тепловом) диапазонах спектра. Повышается (до 500 м) пространственное разрешение, улучшаются радиометрические характеристики. Для российской космической метеорологии создается прибор действительно нового поколения.

Ближайшими зарубежными аналогами разрабатываемого устройства являются два американских прибора: функционирующая в настоящее время сканирующая спектрометрическая камера MODIS и разрабатываемый для КА NPOESS радиометр VIIRS.

**ИКФС.** Фурье-спектрометр должен обеспечивать ведение глобального мониторинга атмосферы и подстилающей поверхности в ИК-диапазоне спектра для получения профилей температуры в тропосфере и нижней стратосфере, профилей влажности в тропосфере, определения общего содержания озона и малых газовых компонент, а также температуры подстилающей поверхности.

Российский прототип прибора – ИКФС-2 для КА «Метеор-М» №2, запуск которого намечен на 2012 г. К сожалению, ИКФС-2 по ряду ключевых характеристик уступает западным образцам: успешно функционирующему Фурье-спектрометру IASI (Infrared Atmospheric Sounding Interferometer) европейского спутника MetOp и разрабатываемому для американских КА NPOESS Фурье-спектрометру CrIS (Cross-track Infrared Sounder). При разработке Фурье-спектрометра для КА «Метеор-МП» (ИКФС-3) ставится задача обеспечить качество выходных данных, сравнимое с данными IASI и CrIS и удовлетворяющее требованиям, предъявляемым к перспективным приборам. Анализ задач и технических требований привел к необходимости использования многоплощадочного фотоприемника: для обеспечения необходимых значений обнаружительной способности во всем спектральном диапазоне он разбивается на 3 поддиагона, каждому из которых соответствует свой тип фотоприемника.

Характеристики прибора ИКФС-3 выбраны и обоснованы с учетом требований Всемирной метеорологической организации: спектральный диапазон  $\lambda = 3,7\div 15$  мкм; спектральное разрешение  $\Delta\nu \leq 0,1\div 0,2$  см<sup>-1</sup>; погрешность измерения спектральной яркости (при  $\lambda = 12$  мкм и  $T = 300$  К)  $\leq 0,3$  К.

**СА.** Спектрометр для определения газового состава атмосферы (или спектрометр атмосферы) должен обеспечивать определение тропосферных и стратосферных аэрозолей и газовый состав атмосферы. В зарубежной космической технике существует ряд приборов аналогичного назначения. Наиболее полным прототипом является спектрометр SCIAMACHY (Scanning Imaging Absorption spectrometer for Atmospheric Cartography), функционирующий на борту европейского КА Envisat с 2002 г.

Отечественное космическое приборостроение пока не может похвастаться определенным в техническом задании спектрометром, перекрывающим диапазон от

ультрафиолетового до ближнего инфракрасного и выполняющим как надирные, так и лимбовые наблюдения. Создание СА предполагает участие в разработке кооперации нескольких предприятий России и ближнего зарубежья. Фактически СА будет представлять собой аппаратный комплекс для наблюдения в восьми спектральных каналах: UV1, UV2 – ультрафиолетовые; VIS1, VIS2, VIS3 – каналы видимого диапазона; NIR1, NIR2, NIR3 – каналы ближнего инфракрасного диапазона. Наблюдение ведется одновременно во всех спектральных диапазонах. Прибор регистрирует рассеянное и отраженное от атмосферы солнечное излучение с относительно высокой разрешающей способностью ( $0,25 \div 0,5$  нм) в спектральной области  $240 \div 1700$  нм и выборочно – в области  $2000 \div 2400$  нм, что позволит обнаружить многие атмосферные газы и аэрозоли даже в минимальной концентрации.

**МТВЗА.** Модуль температурно-влажностного зондирования атмосферы должен обеспечивать ведение глобального мониторинга атмосферы и подстилающей поверхности в микроволновом диапазоне спектра для получения вертикального профиля температуры атмосферы, профиля влажности атмосферы, определения интегральных параметров атмосферы и подстилающей поверхности, для диагностики геофизических процессов в системе океан-атмосфера.

Различные модификации прибора МТВЗА уже неоднократно выводились на орбиту на российских и украинских КА («Метеор-3М», «Метеор-М», «Сич»). По основным техническим характеристикам МТВЗА отвечает необходимым требованиям для решения задач по восстановлению метеорологических параметров атмосферы и подстилающей поверхности и не уступает зарубежным аналогам. Тем не менее прибор продолжает совершенствоваться. В варианте для КК «Метеор-МП» модуль под рабочим наименованием МТВЗА-ГЯ-М должен выполнять зондирование в 30 каналах диапазона рабочих частот от 6,9 до 200 ГГц. Впервые предлагаемые в рамках данного проекта СВЧ-поляриметры МТВЗА-ГЯ-М позволяют решать дополнительные задачи метеорологического обеспечения потребителей (определение скорости и направления ветра).

**КМСС.** Комплекс многозональной спектральной съемки среднего разрешения должен обеспечивать проведение локальной съемки на освещенной стороне подстилающей поверхности. КМСС не является клас-

сическим гидрометеорологическим прибором, а ориентирован на выполнение региональных наблюдений подстилающей поверхности, в частности на мониторинг природных чрезвычайных ситуаций (разливы рек, наводнения, пожары и т. п.) По сравнению с прототипом на КА «Метеор-М» к КМСС повышены требования по количеству спектральных каналов (6 каналов в видимом диапазоне) и полосе захвата (1000 км) при пространственном разрешении  $\sim 80$  м. Для выполнения требований комплекс состоит не из трех (как прежде), а из четырех съемочных камер.

Ближайший зарубежный аналог – DMC MSI разработки SSTL (Великобритания) также представляет собой многокамерный комплекс. В его составе шесть однотипных модулей – оптико-электронных головок, установленных на едином V-образном кронштейне.

**МБРЛК.** Как и КМСС, радиолокационный комплекс является сеансной аппаратурой и ориентирован на региональные (но локационные) наблюдения подстилающей поверхности, включая мониторинг ледовой обстановки. Прототип МБРЛК – создаваемый для КА «Метеор-М» №3 БРЛК X-диапазона «ЭЛСАР-1» на базе радиолокатора с активной фазированной решеткой (АФАР) – более многорежимный и соответственно более сложный БРЛК. Его метеорологическая модификация будет заключаться главным образом в сокращении количества режимов при улучшении эксплуатационных характеристик.

Учитывая, что АФАР может использоваться в различных режимах, с акцентом на свойства, более важные в данном тематическом применении, в гидрометеорологических КА «Метеор-МП» будет востребована не детальная кадровая съемка, а широкая (750 км) полоса захвата, формируемая из многих парциальных кадров – так называемый метод «ScanSAR». Фактически предусматривается работа только в двух режимах: с пространственным разрешением 400 м и 1000 м. При этом обеспечиваются очень высокие радиометрические характеристики: разрешение 0,64 дБ (для 400 м) и 0,33 дБ (для 1000 м) при шумовом эквиваленте минус 32 дБ и минус 35 дБ соответственно. В режиме 1000 м обеспечивается синтез радиолокационных изображений на борту в реальном масштабе времени.

Еще одно преимущество применения АФАР в данном случае заключается в наименовании PCA (радиолокатор с синтезированной апертурой). С учетом мно-

Таблица 1

## Характеристика радиоканалов для передачи целевой информации

Диапазон частот	Информационная скорость	Примечание
137 ÷ 138 МГц	72 Кбит/с	передача в формате LRPT
1698 ÷ 1710 МГц	3,5 Мбит/с	передача в формате AHRPT
8025 ÷ 8400 МГц	30 ÷ 150 Мбит/с	в зависимости от режима
25,5 ÷ 27 ГГц	640 Мбит/с	техническая скорость (с учетом помехоисправляющего кодирования) 800 Мбит/с

гочисленного приборного состава и сложности конструктивного построения КА «Метеор-МП» сокращение физической апертуры МБРЛК является весьма актуальной задачей.

**АРМА.** Аппаратура радиомониторинга (или, точнее, радиопросвечивания) атмосферы должна обеспечивать определение температуры атмосферы и атмосферного давления методом радиозатменного мониторинга сигналов навигационных КА. Метод основан на измерении параметров (частоты, фазы, амплитуды) навигационных сигналов спутников ГЛОНАСС, GPS и Galileo на их восходе или закате за земной горизонт (наблюдение через атмосферу), сравнении этих значений с «чистыми» (принятыми в зените) сигналами и определении состояния атмосферы по степени искажения сигналов.

По сравнению с аппаратурой радиомониторинга, создаваемой для КА «Метеор-М» №3, в АРМА КК «Метеор-МП» предусматриваются дополнительные возможности, связанные с определением свойств не только атмосферы, но и подстилающей поверхности по характеристикам отраженных от нее сигналов навигационных спутниковых систем. В частности, определение статистических характеристик взволнованной поверхности океана и скорости ветра над морем из измерений ширины доплеровского спектра отраженного сигнала при малых углах скольжения.

**БРК ССПД.** Бортовой радиокomплекс системы сбора и передачи данных должен обеспечивать сбор гидрометеорологических данных от наземных, ледовых, дрейфующих автоматических измерительных платформ и передачу этих данных потребителю.

По сравнению с аппаратурой БРК ССПД, функционирующей на КА «Метеор-М», для повышения оперативности, помимо непосредственной передачи данных на наземные приемные пункты, на КА «Метеор-МП» пред-

усматривается ретрансляция собранных данных через геостационарный КА «Электро-Л». При этом задержка передачи потребителю гидрометеорологической информации, собранной КК «Метеор-МП», даже в полярных районах составит не более 30 мин.

**ГГAK.** Гелиогеофизический аппаратурный комплекс предназначен для измерения спектров и потоков космических частиц. В КК «Метеор-МП» перед комплексом ГГAK поставлен значительно более широкий круг задач гелиогеофизического обеспечения, чем в КК «Метеор-3М». Большинство этих задач относятся к разряду наблюдений за «космической погодой» и тахогенными воздействиями на ОКП; для реализации задач предусмотрен обновленный комплекс из четырех различных датчиков и интерфейсного блока.

**БИС.** Учитывая исключительно высокую суммарную информативность бортовой информационной аппаратуры КА, разнообразный характер и назначение датчиков, а также международные обязательства, для передачи целевой информации будет использоваться обширный набор радиоканалов (табл. 1).

Кроме того, планируется использование ретрансляционного канала через геостационарный КА «Луч-4» со скоростью 300 Мбит/с. С КА «Метеор-МП» информация через бортовой лазерный терминал будет передаваться в оптическом диапазоне на КА «Луч-4», конвертироваться в Ки-радиодиапазон и отправляться на наземную приемную станцию.

В целом необходимо отметить, что практически по всем своим характеристикам создаваемый комплекс соответствует лучшим современным зарубежным образцам, отвечает требованиям Всемирной метеорологической организации и действительно должен стать новой ступенью в отечественном космическом приборостроении.

SOVZOND



СОВЗОНД

# КОНСАЛТИНГОВЫЙ ЦЕНТР КОМПАНИИ «СОВЗОНД»



Консалтинговый центр компании «Совзонд» работает с 2006 года.

Основной отличительной особенностью предлагаемых семинаров является их ориентация на решение практических задач. При выполнении упражнений используются данные со спутников WorldView-1,2, GeoEye, QuickBird, Ikonos, Formosat-2, Alos, RapidEye, Spot, Radarsat и др. При формировании очередного семинара обязательно учитываются пожелания обучаемых и особенности реализации их реальных проектов. В консалтинговом центре прошли обучение более 500 специалистов.

## В НАСТОЯЩЕЕ ВРЕМЯ ПРЕДЛАГАЕМ СЛЕДУЮЩИЕ КУРСЫ\*:

- Базовые модули фотограмметрической системы Trimble INPHO.
- Использование программного комплекса ENVI для обработки и анализа данных ДЗЗ.
- Возможности языка программирования IDL. Дополнительные модули.
- Обработка данных радиолокационных съемок в дополнительных модулях ENVI SARscape Basic и SARscape Interferometry.
- Инструменты и функциональность ArcGIS Desktop.
- Комплексная обработка данных дистанционного зондирования Земли в программных продуктах ENVI и ArcGIS Desktop.
- Visual MODFLOW: практическое применение моделирования потока подземных вод и движения растворов.

Тел.: +7(495) 988-7511, 988-7522  
Факс: +7(495) 988-7533, 623-3013  
E-mail: software@sovzond.ru  
Web-site: www.sovzond.ru

\* Выдается сертификат международного образца.