

АЭРОКОСМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ,
ПЛАНЕТ И ДРУГИХ КОСМИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ.
ГЕОЭКОЛОГИЯ И КОСМИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ ПОИСКА И СПАСЕНИЯ

УДК 629.78

Состояние и перспективы развития космических комплексов «Канопус-В» и «Метеор-М»

А. В. Горбунов¹, И. Ю. Ильина, В. К. Саульский²

¹к. т. н., ²д. т. н.

АО «Корпорация “ВНИИЭМ”»

e-mail: ntk.vniiem@bk.ru

Аннотация. АО «Корпорация “ВНИИЭМ”» развивает два основных направления создания космических комплексов (КК) дистанционного зондирования Земли: 1) КК оперативного мониторинга техногенных и природных чрезвычайных ситуаций на базе спутников «Канопус-В» и 2) КК гидрометеорологического назначения на базе спутников «Метеор-М». Для обоих видов КК приведены составы решаемых задач, орбитальные характеристики, параметры бортовых комплексов аппаратуры, планируемые сроки запусков очередных спутников, направления дальнейших разработок перспективных космических аппаратов.

Ключевые слова: полезная нагрузка, космический комплекс, «Канопус-В», «Метеор-М», космическая платформа, орбита, панхроматический, многоспектральный

State and perspectives of space complexes “Kanopus-V” and “Meteor-M” development

A. V. Gorbunov¹, I. Yu. Ilina, V. K. Saulsky²

¹candidate of engineering science, ²doctor of engineering science

JSC “VNIEM Corporation”

e-mail: ntk.vniiem@bk.ru

Abstract. JSC “VNIEM Corporation” creates and develops two main directions of space complexes (SC) for the Earth remote sensing: 1) SCs on the base of “Kanopus-V” satellites for anthropogenic and natural disaster monitoring, 2) hydro-meteorological SCs on the base of “Meteor-M” satellites. A lot of data including task compositions, orbital characteristics, on-board payload parameters, planning times to launch new satellites in their orbits, further trends for perspective space craft development are given for both of the above mentioned SCs.

Key words: payload, space complex, “Kanopus-V”, “Meteor-M”, space platform, orbit, panchromatic, multispectral

АО «Корпорация «ВНИИЭМ»» создает космические комплексы дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) уже около полувека. В настоящее время на орбитах находятся два КА оперативно-го мониторинга техногенных и природных чрезвычайных ситуаций (ЧС) «Канопус-В» и «Белорусский космический аппарат», запущенные 22 июля 2012 г., и два КА гидрометеорологического назначения «Метеор-М» №1 и «Метеор-М» №2, выведенные в космос соответственно 17 сентября 2009 г. и 8 июля 2014 г.

Спутник «Канопус-В» [1] функционирует на круговой солнечно-синхронной орбите с высотой около 510 км. Время пересечения восходящего узла орбиты — 11 час. 27 мин. Спутник имеет трехосную систему ориентации и стабилизации, обеспечивающую точность ориентации не хуже 5 угловых мин и точность стабилизации — не хуже 0,001 °/с. Масса спутника — 473,2 кг, в том числе масса полезной нагрузки — 108 кг. Срок активного существования не менее 5 лет.

Как отмечено выше, основное назначение этих спутников — анализ и прогноз техногенных и природных ЧС. Наряду с этим, информация от данных КА широко используется для следующих целей:

- обнаружения крупных выбросов загрязняющих веществ в окружающую среду и решения других задач экологического мониторинга;
- выявления перспективных площадей на поиск полезных ископаемых;
- создания и обновления топографических карт;
- составления кадастров и инвентаризации сельскохозяйственных угодий;
- контроля землепользования;
- слежения за застройкой территорий;
- наблюдения за водными ресурсами и прибрежными районами страны.

С целью решения указанных задач на борту КА «Канопус-В» установлена оптико-электронная съемочная аппаратура, обеспечивающая получение панхроматических изображений земной поверхности с пространственным разрешением 2,1 м в полосе захвата 23 км и многоспектральных снимков (в 4 спектральных каналах) с разрешением 10,5 м в полосе 20 км. За счет поворотов по углу крена реализуется возможность проведения наблюдений в широкой полосе обзора (свыше 900 км). Суточ-

ная производительность КА «Канопус-В» составляет 300 000–500 000 км².

Приказом Федерального космического агентства № 27 от 23 декабря 2013 г. космический комплекс (КК) «Канопус-В» с КА «Канопус-В» № 1 принят в эксплуатацию после успешного окончания летных испытаний.

Космическая информация от данного комплекса эффективно использовалась для обнаружения и слежения за лесными пожарами на обширной территории Восточной и Центральной Сибири; мониторинга экстремального наводнения в бассейне реки Амур в 2013 г.; оперативной оценки ледовой обстановки и процессов ледохода на Лене и других крупных реках России; выявления биогенных загрязнений на акваториях Черного и других морей; слежения за развитием горного и прибрежного кластеров и экологической ситуацией в районе города Сочи в период возведения спортивных и других сооружений при подготовке к зимней олимпиаде 2014 г.; контроля выбросов загрязняющих веществ в районах крупных ТЭЦ (вблизи городов Омск, Сургут).

В рамках Международной Хартии по космосу и крупным катастрофам снимки с КА «Канопус-В» № 1 в 2014 г. использовались для мониторинга района предположительного крушения воздушного судна Boeing 777 компании Malaysian Airlines, проводилась съемка пострадавших от наводнения районов Великобритании, штата Парана (Бразилия), Сербии, а также для мониторинга лесных пожаров в восточном регионе Индии (окрестности г. Кохи-ма).

Таким образом, КА «Канопус-В» № 1 удовлетворяет всем требованиям своего назначения и продолжает эффективно использоваться в интересах российских потребителей космических данных ДЗЗ.

С целью дальнейшего совершенствования спутников типа «Канопус-В» проводится разработка усовершенствованного КА «Канопус-В-ИК». На нем дополнительно к указанной выше полезной нагрузке будет установлена широкозахватная аппаратура для съемки в двух инфракрасных диапазонах: 3,5–4,1 мкм и 8,4–9,4 мкм с пространственным разрешением около 200 м в полосе захвата не менее 2000 км. Длительность выполнения съемок на одном витке орбиты может достигать

30 мин. Данный КА будет оперативно обнаруживать очаги лесных пожаров с размерами от 5×5 м.

Основными министерствами и ведомствами-потребителями космической информации от КА типа «Канопус-В», помимо Министерства чрезвычайных ситуаций, являются Росгидромет, Минприроды, Роснедра, Минсельхоз, Росреестр, а также Министерство регионального развития. Анализируя их запросы с точки зрения требуемой периодичности и оперативности обеспечения съемки территории нашей страны, можно сделать вывод о целесообразности формирования в ближайшем будущем достаточно крупной космической системы из 5–6 КА типа «Канопус-В». В связи с этим в рамках Федеральной космической программы России запланировано создание и наращивание соответствующей орбитальной группировки КА типа «Канопус-В» в ближайшие несколько лет. В частности, в 2017 и затем в 2018 гг. планируется осуществить парные запуски спутников «Канопус-В» № 3 и № 4, «Канопус-В» № 5 и № 6.

В перспективе с целью удешевления затрат на образование и последующее поддержание космической системы, состоящей из спутников типа «Канопус-В», предлагается осуществлять кластерные запуски очередной партии космических аппаратов в составе до 4 спутников одновременно на борту одной ракеты-носителя «Союз-2» этапа 1Б с разгонным блоком «Фрегат».

Унифицированная малая космическая платформа УМКП-400, созданная для КА «Канопус-В» [1, 2], отличается высоким конструктивным совершенством. Впервые в практике создания в АО «Корпорация “ВНИИЭМ”» спутников среднего и малого классов она спроектирована в негерметичном исполнении. Корпус платформы изготавливается в виде прямоугольного параллелепипеда, облицованного сотовыми панелями. Он служит несущей силовой основой для закрепления внутри и на его поверхности всех бортовых служебных приборов и специального модуля полезной нагрузки. Одновременно он играет важную роль в поддержании требуемого теплового режима работы УМКП и КА в целом. Для этого на нем монтируются различные элементы и устройства терморегулирования, включая контурные и угловые тепловые трубы, радиаторы охлаждения, управляемые электро-

нагреватели, маты экранно-вакуумной теплоизоляции, датчики. На корпус наносятся специальные терморегулирующие покрытия с высокой устойчивостью к воздействию радиации. Термостабилизация сотовых панелей достигается за счет встраивания в них низкотемпературных тепловых труб.

В компоновочной схеме и конструкции космической платформы реализован ряд прогрессивных технических решений, направленных на минимизацию массогабаритных характеристик. В частности, к ним относятся модульное построение, высокий уровень плотности компоновки в результате ее оптимизации, объединение всей служебной электроники в едином моноблоке в виде стойки авионики, сокращение площади створок солнечной батареи за счет применения трехкаскадных фотопреобразователей на основе арсенида галлия с высоким коэффициентом полезного действия.

Впервые в отечественной практике в составе бортового комплекса управления (БКУ) применены аппаратно-программные средства, позволившие внедрить автоматическое управление режимами работы телекомандной системы (ТКС) и автоматизированное дистанционное управление наземными средствами командно-измерительных пунктов из ЦУП. Также впервые в ТКС используется международный S-радиодиапазон в интересах зарубежных заказчиков.

Разработаны и реализованы новые технические решения по повышению живучести космической платформы и КА на ее базе, включая специальное программное обеспечение для обнаружения и парирования нештатных ситуаций, аппаратуру регулирования заряда и распределения электропитания для защиты аккумуляторных батарей, нанесение защитных покрытий от статического электричества на фотопреобразователи солнечных батарей.

На концах солнечных панелей имеются магнитные виброгасители, обеспечившие значительное снижение амплитуды и длительности нежелательных колебаний, когда выполняются программные повороты космического аппарата по крену для наведения бортовой оптико-электронной аппаратуры на заданные объекты на земной поверхности.

Аппаратно-программные средства навигации обеспечивают высокую точность геопривязки космических снимков (с погрешностями 15–50 м

без опорных точек). Этого достаточно для создания и обновления ортофотопланов и топографических карт масштаба 1:50 000 и крупнее.

Для поддержания заданных орбитальных параметров и фазового положения КА в орбитальной группировке на борту спутника имеется корректирующая двигательная установка на базе стационарных плазменных двигателей СПД-50.

Несмотря на то, что унифицированная малая космическая платформа УМКП-400 разработана для КА «Канопус-В», она обладает высокой универсальностью с точки зрения возможностей смены полезных нагрузок. На ее базе разрабатываются и проектируются новые и перспективные спутники не только для оперативного мониторинга техногенных и природных ЧС, но и для научно-исследовательских целей, а также детального наблюдения Земли. В частности, с космодрома «Восточный» планируется запустить КА научного назначения «Ломоносов». Это событие, помимо научной актуальности, примечательно тем, что КА «Ломоносов» призван стать первым автоматическим спутником, выведенным в космос с нового космодрома.

С максимальным использованием опыта и задела по рассматриваемой малой космической платформе УМКП-400 проектируются перспективные малогабаритные КА типа «Канопус-ВМ1» и «Канопус-ВМ2». Они будут обладать высокими информационными характеристиками, требуемыми для проведения детальной съемки Земли с повышенным пространственным разрешением и широкими полосами захвата.

На КА типа «Канопус-ВМ1» и «Канопус-ВМ2» будут установлены усовершенствованные бортовые оптико-электронные съемочные системы. Будет увеличен гарантийный срок активного существования до 7 лет. Повысится технический уровень КА в целом. Масса спутника может возрасти до 750–800 кг, а масса полезной нагрузки — до 330–350 кг. Рассматриваются новые возможности кластерного запуска космических аппаратов в космос. Исследуются вопросы повышения высоты орбит и варианты построения перспективных орбитальных группировок.

В частности, для КА «Канопус-ВМ1» рассматривается целесообразность повышения высоты

солнечно-синхронной орбиты до 860 км. При этом планируется сохранить пространственное разрешение панхроматических снимков на уровне 2,1 м, достигаемом в настоящий момент для КА «Канопус-В» № 1 с высоты 510 км. Пространственное разрешение многоспектральных снимков, получаемых на КА «Канопус-ВМ1», должно улучшиться, несмотря на рост высоты орбиты, до 4,2 м. Ожидается, что удастся увеличить полосу захвата как при панхроматической, так и при многоспектральной съемке, до 100 км.

Для КА «Канопус-ВМ2» в настоящий момент предлагается использовать солнечно-синхронную орбиту с высотой около 500 км. В этом случае пространственное разрешение получаемых панхроматических изображений может быть обеспечено на уровне около 1 м, а многоспектральных — приблизительно 4 м. Ширина полосы захвата для обоих типов снимков — не менее 50 км.

Наряду со спутниками оперативного мониторинга техногенных и природных ЧС, важнейшим направлением деятельности АО «Корпорация «ВНИИЭМ» является разработка и создание космических аппаратов гидрометеорологического назначения. В данной области АО «Корпорация «ВНИИЭМ»» продолжает многолетнюю работу по созданию и совершенствованию КА серии «Метеор» [2, 3, 4]. Недавно закончил свой пятилетний гарантийный срок существования КА «Метеор-М» № 1 [3], но ему на смену уже пришел КА «Метеор-М» № 2. Новый спутник успешно прошел период летных испытаний и принят в эксплуатацию в России. Он также входит в объединенный состав международной группировки полярно-орбитальных метеорологических спутников, функционирующих под эгидой Всемирной метеорологической организации (ВМО).

Спутник «Метеор-М» № 2 функционирует на круговой солнечно-синхронной орбите с высотой около 820 км. Солнечное время пересечения экватора 9 ч 30 мин. Масса КА составляет 2930 кг. Масса полезной нагрузки — 1200 кг. Срок активного существования — 5 лет.

Основное назначение КА «Метеор-М» № 2 — обеспечение глобального наблюдения поверхности Земли и атмосферы. Космическая информация от этого спутника применяется для следующих целей:

- анализ погоды и ее предсказание в глобальном и региональном масштабах,
- мониторинг глобального изменения климата,
- контроль состояния и прогноз характеристик морской воды,
- анализ космической погоды и предсказание связанных с ней явлений (солнечный ветер, ионосферные исследования, магнитное поле Земли и т. д.).

На КА «Метеор-М» № 2 установлена полезная нагрузка, в которую входят следующие приборы:

- сканирующий радиометр МСУ-МР (6 спектральных каналов в видимой и инфракрасной областях спектра с пространственным разрешением около 1 км);
- шестиканальная съемочная система видимой области спектра КМСС (в составе 3 камер с пространственным разрешением 100 м и 50 м);
- радиолокатор бокового обзора (в X-диапазоне) «Северянин»;
- микроволновый радиометр МТВЗА-ГЯ (26-канальный модуль температурно-влажностного зондирования атмосферы в области длин волн 10,6–183 ГГц);
- фурье-спектрометр ИКФС-2 (инфракрасный (ИК) зондировщик атмосферы в спектральной области 5–15 мкм со спектральным разрешением около $0,5 \text{ см}^{-1}$);
- комплекс гелиогеофизических измерений ГГAK-M.

Все перечисленные приборы полностью функциональны, за исключением локатора «Северянин», эффективность использования которого ухудшена из-за низкого отношения сигнал/шум. Кроме того, завершается работа по абсолютной калибровке микроволнового радиометра МТВЗА-ГЯ.

Спутниковые данные от КА «Метеор-М» № 2 в настоящее время используются в Росгидромете, а также в МЧС, Минприроды и других федеральных и региональных учреждениях России.

Согласно Федеральной космической программе России и «Стратегии деятельности в области гидрометеорологии и смежных с ней областях на период до 2030 года (с учетом аспектов изменения климата)», перспективная полярно-орбитальная система российских спутников должна состоять из трех

гидрометеорологических и одного океанографического спутника.

В связи с этим предполагается вывести на орбиту очередной метеоспутник «Метеор-М» № 2-1 в 2016 г. Далее планируются запуски еще четырех аналогичных КА: «Метеор-М» № 2-2, 2-3, 2-4, 2-5. Все они будут разработаны в АО «Корпорация «ВНИИЭМ» и запущены в 2019–2021 гг. В результате должна быть создана система из идентичных спутников, функционирующих на утренних и дневных солнечно-синхронных орбитах.

На всех перечисленных спутниках полезные нагрузки будут аналогичны КА «Метеор-М» № 2, но со следующими изменениями:

- 1) на КА «Метеор-М» № 2-1 и 2-2 не будет радиолокатора «Северянин» и гелиогеофизического комплекса ГГAK-M;
- 2) на КА «Метеор-М» № 2-3, 2-4, 2-5 вместо радиолокатора «Северянин» и комплекса ГГAK-M появятся усовершенствованный радиолокатор «МетеоСар» и модифицированный гелиогеофизический комплекс ГГAK-M2.

В интересах океанографии продолжается разработка спутника «Метеор-М» № 3. Орбита спутника должна быть круговой солнечно-синхронной с высотой 652 км. Масса КА «Метеор-М» № 3 достигнет порядка 2000 кг, включая полезную нагрузку не менее 700 кг. Срок активного существования — 7 лет.

Полезная нагрузка КА «Метеор-М» № 3 включает следующие приборы:

- многорежимный радар X-диапазона с активной фазированной решеткой (АФАР) с пространственным разрешением от 1 до 500 м в полосе захвата 10–750 км;
- скаттерометр Ки-диапазона с пространственным разрешением $25 \times 25 \text{ км}^2$ в полосе захвата 1800 км;
- сканер береговой зоны (4 канала в видимой области спектра, пространственное разрешение 80 м, полоса захвата 800 км);
- сканер цветности океана (8 каналов в видимой области спектра, пространственное разрешение 1 км, полоса захвата 3000 км);
- прибор радиозатменного зондирования «Радиомет».

Запуск КА «Метеор-М» №3 намечен на 2020 г.

В дальнейшем планируется создание перспективных метеорологических КА «Метеор-МП» и океанографических КА «Океан».

Перспективная группировка метеорологических спутников «Метеор-МП» должна прийти на смену системе из КА типа «Метеор-М». Запуск 1-го спутника «Метеор-МП» №1 намечен на 2021 г., а 2-го КА «Метеор-МП» №2 — на 2023 г.

Полезная нагрузка спутников типа «Метеор-МП» будет в основном аналогична бортовому научному комплексу спутников типа «Метеор-М», но с улучшенными характеристиками целевых приборов. В состав полезной нагрузки перспективных КА «Метеор-МП» планируется включить следующие научные инструменты:

- многоканальный сканирующий радиометр с низким разрешением,
- многоспектральный сканирующий имаджер видимого диапазона со средним разрешением,
- инфракрасный фурье-спектрометр,
- многоспектральный инфракрасный сканер среднего разрешения,
- спектрометр химического состава атмосферы,
- микроволновый имаджер-зондировщик (модуль температурно-влажностного зондирования атмосферы),
- радар бокового зондирования,
- прибор радиозатменного зондирования,
- гелиогеофизический комплекс.

Спутники типа «Метеор-МП» будут иметь сугубо метеорологическое назначение. Для целей океанографии в рамках Федеральной космической программы планируется создание специализированных океанографических спутников «Океан», начало разработки которых намечено на 2020 г.

Полезная нагрузка спутников «Океан» будет состоять из следующих приборов:

- сканер цветности океана,
- сканер береговой зоны,
- скаттерометр,

– многорежимный радиолокатор с антенной типа АФАР.

Главная цель создания объединенной группировки перспективных спутников «Метеор-МП» и «Океан» состоит в том, чтобы обеспечить глобальное наблюдение поверхности Земли, Мирового океана и атмосферы. Данные, получаемые этими спутниками, будут использоваться для следующих задач:

- анализ погоды и ее предсказание в глобальном и региональном масштабах,
- контроль глобального изменения климата,
- контроль морской воды и прогноз изменения ее состояния,
- анализ космической погоды и предсказание связанных с ней явлений (солнечный ветер, ионосферные исследования, магнитное поле Земли и т. д.).

Список литературы

1. Космический комплекс оперативного мониторинга техногенных и природных чрезвычайных ситуаций «Канопус-В» с космическим аппаратом «Канопус-В» №1. М.: ФГУП «НПП «ВНИИЭМ», 2011. 110 с.
2. Горбунов А.В., Чуркин А.Л., Саульский В.К. Задачи и направления развития космических платформ и аппаратов ОАО «Корпорация «ВНИИЭМ» // Вопросы электромеханики. Труды ВНИИЭМ. Приложение за 2014 г. Материалы второй международной научно-технической конференции «Актуальные проблемы создания космических систем дистанционного зондирования Земли». М.: ФГУП «НПП «ВНИИЭМ», 2014. С. 32–44.
3. Космический комплекс гидрометеорологического и океанографического обеспечения «Метеор-3М» с космическим аппаратом «Метеор-М» №1. Под ред. д. т. н. С. Н. Волкова, д. т. н. Ю. В. Трифонова, к. т. н. А. В. Горбунова, к. т. н. В. Н. Дядюченко. М.: ФГУП «НПП «ВНИИЭМ», 2009. 142 с.
4. Гусев А.А., Ильина И.Ю., Саульский В.К., Чуркин А.Л. Опыт разработки космической платформы для космических аппаратов «Метеор» // Вопросы электромеханики. Труды ВНИИЭМ. М.: ФГУП «НПП «ВНИИЭМ», 2013, т. 155, с. 3–2.