

## УНИФИЦИРОВАННАЯ КОСМИЧЕСКАЯ ПЛАТФОРМА «РЕСУРС-УКП»

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

**В** рамках совершенствования гидрометеорологических и природно-ресурсных космических систем ФГУП «НПП ВНИИЭМ» совместно с ФГУП «НИИЭМ» создана унифицированная многоцелевая космическая платформа нового поколения для КА ДЗЗ, получившая наименование «Ресурс-УКП». Представлены основные характеристики «Ресурс-УКП». В указанной платформе реализован ряд технических новшеств, впервые достигнут высокий уровень унификации для решения многоцелевых задач ДЗЗ. Приведены основные характеристики «Ресурс-УКП», ее конструктивно-компоновочная схема и общий вид. На базе платформы «Ресурс-УКП» в общей сложности к 2019 году разработано 14 КА, и продолжаются работы по наращиванию орбитальной группировки метеорологических КА. Создание спутниковой платформы «Ресурс-УКП» позволило обеспечить максимальную на сегодняшний день степень унификации, высокий по мировым стандартам уровень параметров платформы и ее интерфейсов, что дало возможность эффективно интегрировать в составе КА современные и перспективные информационно-измерительные приборы ДЗЗ мирового уровня как отечественного, так и зарубежного производства.

**Ключевые слова:** космический аппарат, унифицированная многоцелевая космическая платформа, Ресурс-УКП, спутниковая платформа, конструктивно-компоновочная схема, орбитальная группировка, информационно-измерительные приборы.

Ко второй половине 1980-х годов ведущие страны – операторы КС ДЗЗ и многочисленные потребители данных наблюдений Земли и окружающей среды накопили огромный опыт многоцелевого использования информации как в интересах гидрометеорологии и мониторинга окружающей среды, так и для обнаружения и последующего устранения различных чрезвычайных ситуаций природного и антропогенного характера.

Общий анализ перспектив мирового развития космической техники в области ДЗЗ выявил следующие тенденции:

- быстрый рост номенклатуры и сложности прикладных задач, решаемых потребителями на основе измерительной, многоспектральной информации, получаемой от КА ДЗЗ;

- значительный прогресс в повышении качества, пространственной и радиометрической точности, комплексности и оперативности информации и, как следствие, общей информативности КА ДЗЗ;

- уменьшение затрат на разработку и пуски КА, являющееся весьма актуальным для российских условий того времени, путем создания многоцелевых аппаратов, базирующихся на унифицированных платформах.

С учетом указанных тенденций возникла необходимость существенной модернизации спутниковых платформ для КА ДЗЗ. Кроме того, необходимо было учитывать открывшуюся в то время возможность более глубокого взаимодействия с зарубежными космическими фирмами в части унификации российских космических платформ (КП) с зарубежными полезными нагрузками.

В рамках совершенствования гидрометеорологических и природно-ресурсных КС ФГУП «НПП

ВНИИЭМ» совместно с Истринским филиалом (с 1993 г. – ФГУП «НИИЭМ», г. Истра) создали УМКП нового поколения для КА ДЗЗ, получившую наименование «Ресурс-УКП».

В платформе «Ресурс-УКП» реализован ряд технических новшеств, впервые достигнут высокий уровень унификации для решения многоцелевых задач ДЗЗ:

1. С целью обеспечения высокой пространственной и радиометрической точности в систему ориентации и стабилизации введены новые датчики направления на Землю и по курсу, датчики угловой скорости и исполнительные органы – маховики, что в соответствии с новыми законами управления позволило в три – четыре раза повысить точность ориентации (до 8 – 10 угл. мин) и на порядок – точность стабилизации (до 10 – 4 угл. град./с). Новая система ориентации обеспечила возможность установки на платформе приборов с разрешением до 3 – 5 м.

2. Повышена в два-три раза мощность энергопитания, при этом основное увеличение произошло с целью выделения дополнительного энергопотребления полезной нагрузки.

3. В состав платформы введены оригинальные цифровые программно-вычислительные устройства навигационного типа, обеспечивающие формирование до 120 – 150 выходных программ управления бортовой информационной аппаратурой и ее радиолиниями для связи с НКПОР, а также командно-измерительными и ТМ-средствами связи с НКУ. Цифровые программно-вычислительные устройства обеспечивали длительное автономное управление работой КА ДЗЗ.

4. В конструкции предусмотрена негерметичная приборная рама с высокой термостабильностью и широкими полями пространственного обзора для

установки многоспектральных комплексов измерительной аппаратуры.

5. Средства локальной термостабилизации радиометрических приборов и их мест крепления обеспечили постоянство температуры приборов равной  $\pm 1^\circ$ . Эти меры в сочетании с минимизацией внутренних и внешних возмущающих моментов позволили устанавливать на платформу приборы с повышенными на порядок пространственным разрешением и в 5 – 6 раз радиометрической точностью.

6. В состав платформы введены комплекты АФУ для приема и передачи всех видов информации в диапазонах от метрового (137 МГц), дециметрового (1,7 ГГц) до сантиметрового (8 ГГц). Этими линиями обеспечивалась информативность до 128 Мбит/с в трех – четырех международных диапазонах.

7. В платформе обеспечены конструктивные и массо-энергетические резервы для экспериментальных и коммерческих полезных нагрузок, в том числе специальные механические интерфейсы для интеграции и отделения МКА при попутных запусках.

8. Структурно-функциональное построение систем платформы в совокупности со специальными методиками наземных автоматизированных испытаний позволили гарантировать полетный ресурс не менее 5 лет.

Надо отметить, что ситуация, возникшая в стране в конце 1980-х годов, позволила начать с рядом зарубежных космических организаций и фирм технические обсуждения возможности уста-

новки на КА «Метеор-3» и «Ресурс-О1» приборов ДЗЗ различного назначения.

Были проведены проектно-конструкторские проработки интерфейсов, обеспечивающих совместимость зарубежных устройств и российских КА ДЗЗ по механическим перегрузкам на активном участке полета, терморежимам, условием энергопитания и командно-программного управления, ТМ-контроля, а также методологии наземных проверок. По контракту с NASA (США) ФГУП «НПП ВНИИЭМ» были выпущены специальные технические документы ICD (Interface Control Document), подтверждающие возможности не только научно-технического, но и коммерческого сотрудничества.

В конструкцию и структурно-функциональную схему спутниковой платформы «Ресурс-УКП» были введены унифицированные интерфейсы по всем направлениям интеграции неотделяемых приборов, а в дальнейшем и отделяемых МКА зарубежной разработки.

Основные характеристики СП «Ресурс-УКП» приведены в таблице.

Главной задачей создания КА «Метеор-3» было продолжение эксплуатации ГМКС, в состав которой вошел модернизированный КА «Метеор-3» после непродолжительных ЛКИ в 1988 – 1989 годах. В связи с этим состав приборного комплекса глобального наблюдения метеорологической обстановки (приборы видимого и ИК-диапазона) был сохранен, но аппаратура подверглась модернизации, пространственное разрешение повышено, полусы захвата увеличены.

Таблица

Основные характеристики «Ресурс-УКП»

Характеристики	Ресурс-УКП
Тип и высота орбиты, км	ССО, 600–1200
РН	«Союз-ФГ» с РБ «Фрегат»
Масса, кг	До 3000
Масса полезной нагрузки с интерфейсами	До 1300
Масса платформы, кг	До 1600
Точность трехосной ориентации, угл. мин	8 – 10
Точность стабилизации угловой скорости угл. град./с	До 10 – 4
Среднесуточное энергопотребление платформы, Вт	До 300
Среднесуточное энергопотребление полезной нагрузки, Вт	До 1500
Наличие орбитальной коррекции	Есть
Поля обзора аппаратуры	Полная сфера
Срок службы, лет	5
<b>Обеспечение параметров качества информации ДЗЗ</b>	
Пространственное разрешение, м	3 – 5
Радиометрическая точность, К	0,5 – 10
Информативность радиоканалов (по возможностям АФУ), Мбит/с	До 256

Использование в качестве основы КА «Метеор-3» СП «Ресурс-УКП» позволило значительно расширить состав его информационной аппаратуры путем введения новых приборов вертикального ТВЗА в УФ- и микроволновом диапазонах и ряда приборов озонного мониторинга.

Благодаря проведенной унификации элементов платформы в состав КА были впервые включены зарубежные приборы ведущих космических держав – многоканальный прибор горизонтального мониторинга TOMS (США), сканирующий радиометр радиационного баланса Земли Skarab (Франция) и навигационный прибор PRARE (Германия).

Соблюдение условий термостабильности внешней приборной рамы «Ресурс-УКП» в пределах  $\pm 1^\circ$  обеспечило возможность установки и получения высокой радиометрической точности от французского прибора Skarab.

Конструктивно обеспеченные широкие поля обзора дали возможность установки на «Ресурс-УКП» телескопа заряженных частиц NINA (Италия) и ретранслятора электронной почты IRIS (Бельгия, Германия).

Успешная эксплуатация прибора SAGE-III (США) в составе «Метеор-3М» № 1 в течение 2,5 лет подтвердила полное соответствие характеристик СП «Ресурс-УКП» и КА в целом высоким требованиям унификации с современными зарубежными приборами.

Прием и обработка полученной от прибора информации велась одновременно в США и России (ФГБУ «ЦАО Росгидромета»), и по отзыву послед-

ней представляла большой научный и практический интерес.

Длительная эксплуатация прибора TOMS на КА «Метеор-3» № 7 обеспечила в 1990-х годах непрерывность международных наблюдений состояния озонного слоя Земли.

Конструктивно-компоновочная схема «Ресурс-УКП» и ее общий вид представлена на рис. 1 и 2 соответственно. Центральным звеном этой космической платформы является герметичный цилиндрический контейнер диаметром 1400 мм и длиной 2900 мм. Гермоконтейнер служит основным силовым элементом конструкции УКП, обеспечивающим прочность и жесткость КА, необходимые для выдерживания статических и динамических нагрузок в процессе запуска и эксплуатации в космическом пространстве, а также при транспортировке и других наземных операциях [1].

В гермоконтейнере размещены бортовые служебные системы, обеспечивающие жизнеспособность КА, и часть полезной нагрузки, предназначенной для установки заведомо только в герметизированных приборных отсеках.

Внутри герметичного контейнера поддерживается заданный тепловой режим за счет циркуляции теплоносителя главным образом азота. Циркуляция достигается с помощью четырех вентиляторов. Для подогрева газа используются электронагреватели, а для охлаждения – радиационные поверхности на корпусе гермоконтейнера, отводящие избыточное тепло в окружающее космическое пространство [2].

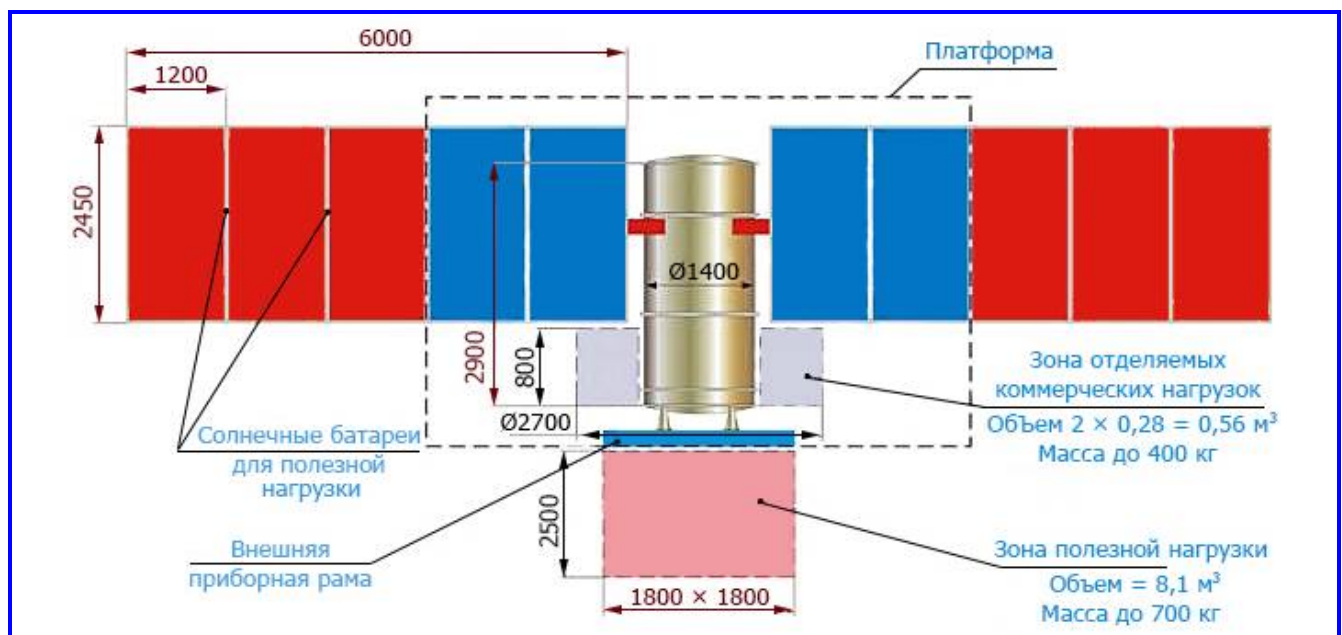


Рис. 1. Конструктивно-компоновочная схема спутниковой платформы «Ресурс-УКП»



Рис. 2. Общий вид спутниковой платформы «Ресурс-УКП»

Снаружи гермоконтейнера закреплена внешняя приборная рама для размещения на ней остальной полезной нагрузки с массой до 700 кг. Кроме того, установлен привод, на оси которого симметрично расположены два комплекта панелей СБ, питающихся электрической энергией УКП и КА в целом. Привод осуществляет ориентацию СБ в направлении на Солнце.

«Ресурс-УКП» обладает возможностью крепления к корпусу гермоконтейнера различных наборов дополнительных коммерческих нагрузок с общей массой до 400 кг. После выведения КА на орбиту они отделяются и совершают самостоятельный полет в космосе.

В составе «Ресурс-УКП» используется обычный состав бортовых служебных систем:

- БКУ;
- СЭС;
- СОК;
- СО СБ;
- СТР;
- АФУ;
- система отделения от РН.

Указанный состав служебных систем с небольшими изменениями будет сохраняться и на перспективных метеоспутниках разработки АО «Корпорация «ВНИИЭМ» следующего поколения.

Что касается возможных вариаций служебных систем, то можно отметить следующее: необходимость дополнения состава служебных систем КДУ, отказ (в некоторых случаях) от ориентации СБ, разделение отдельных служебных систем (БКУ, СТР) на соответствующие подсистемы с наделением последних статусом самостоятельных бортовых систем или, наоборот, их включением на правах отдельных элементов в конструкцию КП, или другие служебные системы.

На базе унифицированной платформы «Ресурс-УКП» ФГУП «НПП ВНИИЭМ» совместно с НИИЭМ были созданы и эксплуатировались четыре типа КА.

Метеорологический и гелиогеофизический КА «Метеор-3». На семи КА этой серии (1985 – 2000 гг.) в составе информационного комплекса ДЗЗ присутствовали зарубежные приборы [3].

В период 1980 – 2000 гг. эксплуатировалось космическая подсистема «Ресурс-О1» для изучения природных ресурсов и экологического мониторинга. В нее входили 1 – 2 КА и до 15 российских федеральных и региональных пунктов оперативного приема и распространения потребителям мультиспектральной информации высокого и среднего разрешения. Информация с КА «Ресурс-О1» № 3 и № 4 регулярно принималась в Европейском центре ДЗЗ (г. Кируна, Швеция) и распространялась по запросам потребителей во всем мире.

Многоцелевые КА «Ресурс-О1» № 4 (1998 г.), «Метеор-3М» № 1 (2001 г.) для ИПРЗ, гидрометеорологии, гелиогеофизики и которые также создавались на базе «Ресурс-УКП» имели в составе зарубежные приборы и отделяемые МКА.

При создании «Ресурс-УКП» достигнута максимальная степень унификации, высокий уровень параметров платформы и ее интерфейсов, обеспечивающие интеграцию с современными и перспективными информационно-измерительными приборами ДЗЗ мирового уровня зарубежных и отечественных фирм, а также расширение рынка коммерческих полезных нагрузок для минимизации госбюджетных затрат и сокращения сроков создания КА.

Эксплуатация метеорологической космической системы ГМКС с КА «Метеор-3» продолжалась до 1996 – 1997 годов. К этому времени государственное финансирование космических разработок существенно уменьшилось, создавать КА одного или двух назначений стало затруднительно, поэтому организованное в 1992 году Российское космическое агентство, имея в виду дефицит средств и возможностей, а также результат создания и отработки спутниковой платформы для КА ДЗЗ в 1995 году приняло согласованное с ВНИИЭМ, НИИЭМ и основными потребителями решение о создании многоцелевых КА.

При разработке многоцелевого КА «Метеор-3М» № 1, созданного на основе платформы «Ресурс-УКП», были поставлены следующие задачи. Во-первых, продолжение эксплуатации модернизированного комплекса глобального метеонаблюдения совместно с центрами приема и обработки информации

гидрометеослужбы. Во-вторых, проведение гелиофизических наблюдений в интересах службы радиационного контроля околоземного космоса. В-третьих, проведение ЛКИ новых российских приборов ТВЗА в микроволновом диапазоне (СВЧ-радиометр МТВЗА) и УФ-спектрометра СФМ-2 для наблюдения озона. В-четвертых, орбитальная эксплуатация на коммерческой основе прибора для определения аэрозолей и содержания малых газовых примесей в атмосфере SAGE-III (США). В-пятых, продолжение многоспектральных наблюдений поверхности Земли в интересах ИПРЗ.

Унифицированные системы и узлы «Ресурс-УКП» широко использовались при создании первого отечественного геостационарного гидрометеорологического КА «Электро», несколько лет работавшего в международной системе.

Использование унифицированной платформы «Ресурс-УКП» в составе метеорологического КА «Метеор-3» и многоцелевых КА «Ресурс-О1» № 4 и «Метеор-3М» № 1 обеспечило интеграцию на коммерческой основе и успешную эксплуатацию приборов ведущих космических держав (США, Франции, Германии, Италии, Бельгии), а также осуществлен попутный запуск семи малых КА Германии, Израиля, Австрии, Англии, Пакистана и Марокко [4 – 6].

Кроме отечественных приборов в полезную нагрузку КА «Метеор-М» включены на коммерческой основе неотделяемые приборы и отделяемые малые КА зарубежного производства с общей массой около 500 кг и значительным энергопотреблением.

По совокупности качеств, соответствующих зарубежному уровню, степени отработки и готовности документации к серийному производству платформа «Ресурс-УКП» КА ДЗЗ не имела в то время аналогов в России. Именно это дало основание Правительству РФ впервые в практике российской космической техники включить УМКП «Ресурс-УКП» в гособоронзаказ на 2000 – 2005 гг. для создания перспективных многоцелевых КА.

При создании четырех типов КА использование спутниковой платформы «Ресурс-УКП» обеспечило снижение госбюджетных затрат на 850 млн рублей (в сопоставимых ценах).

Объем непосредственных зарубежных инвестиций только в период 1995 – 2001 годов за счет коммерческих полезных грузов на КА «Метеор-3М» № 1 и «Ресурс-О1» № 4 составил 12,5 млн долларов США, что позволило более чем на 40% снизить затраты госбюджета при создании этих КА.

На спутниковой платформе «Ресурс-УКП» в рамках Федеральной космической программы

ФКП (2005 – 2015) созданы космические аппараты «Метеор-М» № 1 и № 2.

КА «Метеор-М» № 1 (2009 – 2014 гг.) (рис. 3, 4) отработал гарантийный полётный ресурс, но продолжает давать в ограниченном режиме полезную информацию [7], а КА «Метеор-М» № 2 (2014 г.) (рис. 5, 6) работает в штатном режиме [8].

В настоящее время на спутниковой платформе «Ресурс-УКП» в рамках Федеральной космической программы ФКП (2016 – 2025) созданы космические аппараты «Метеор-М» № 2-1 и «Метеор-М» № 2-2.

Аппарат «Метеор-М» № 2-1 (рис. 7), к сожалению, был утрачен в 2017 году в результате аварийного запуска.

В целом платформа «Ресурс-УКП» обеспечила задачи, связанные с размещением на КА «Метеор-М» современных многоцелевых информационных комплексов в составе 17 новых приборов ДЗЗ, в том числе радиолокаторов бокового обзора и фурье – спектрометра.

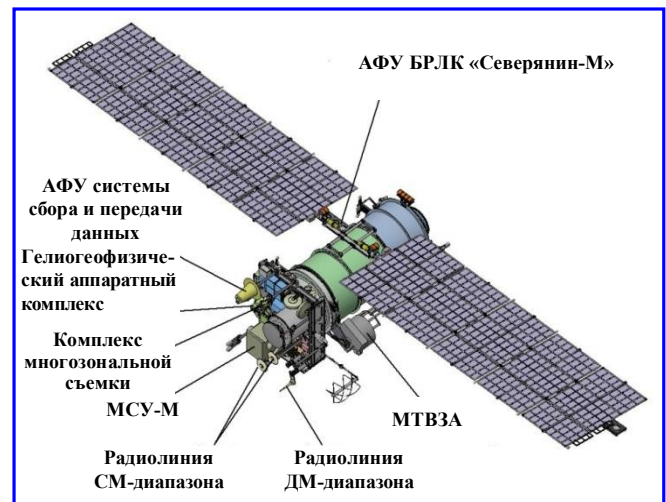


Рис. 3 КА «Метеор-М» № 1 в орбитальном полёте

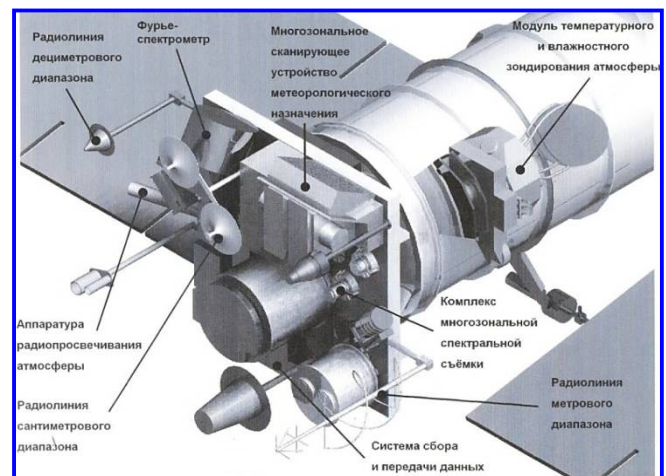


Рис. 4. Полезная нагрузка КА «Метеор-М» № 1



Рис. 5. Общий вид КА «Метеор-М» № 2



Рис. 6. КА «Метеор-М» № 2 в орбитальном полёте

Всего же на этих космических аппаратах, включая КА «Ресурс-О1» № 4 было установлено 50 различных типов информационных приборов.

### Заключение

Таким образом, на базе платформы «Ресурс-УКП» в общей сложности разработано 14 КА: 7 КА «Метеор-3» (1985 – 1997 гг.), природноресурсный КА «Ресурс-01» № 4 (1998 г.), КА «Метеор-3М» № 1 (2001 г.), КА «Метеор-М» № 1 (2009 г.) и КА «Метеор-М» № 2 (2014 г.), КА «Метеор-М» № 2-1 (2017 г.), КА «Метеор-М» № 2-2 (2019 г.) (рис. 8) и научный аппарат «Коронас-Фотон» для наблюдения Солнца и изучения солнечно-земных связей.

АО «Корпорация «ВНИИЭМ» совместно с операцией в рамках Федеральной космической программы продолжает работы по наращиванию орбитальной группировки метеорологических КА и занимается созданием КА «Метеор-М» № 2-3 и № 2-4. Начиная с КА «Метеор-М» № 2-5 планируется серийное изготовление этих КА.

Создание спутниковой платформы «Ресурс-УКП» позволило обеспечить максимальную на сегодняшний день степень унификации, высокий по мировым стандартам уровень параметров платформы и её интерфейсов.

Это дало возможность эффективно интегрировать в составе КА современные и перспективные информационно-измерительные прибо-

ры ДЗЗ мирового уровня как отечественного так и зарубежного производства, а также привело к расширению рынка коммерческих нагрузок с целью минимизации госбюджетных затрат и сокращения сроков создания многоцелевых космических аппаратов.

За работу, связанную с созданием унифицированных спутниковых платформ, включая «Ресурс-УКП» для космических аппаратов дистанционного зондирования Земли и атмосферы (цикл работ 1975 – 2000 гг.) ряд сотрудников НПП ВНИИЭМ и НИИЭМ получили премию Правительства РФ в области науки и техники за 2003 год.

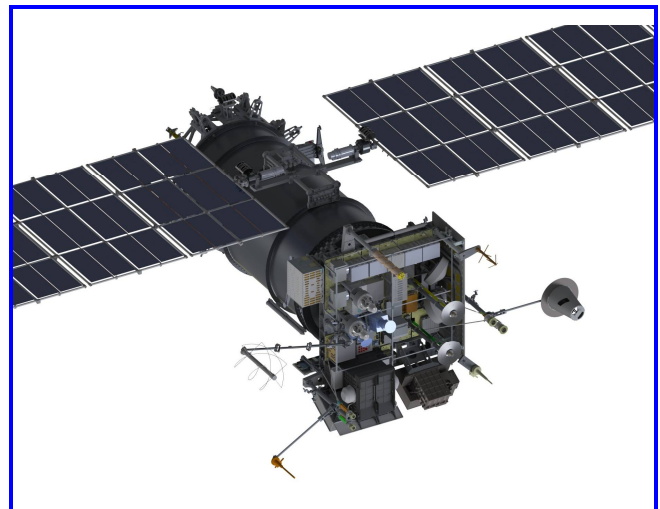


Рис. 7. КА «Метеор-М» № 2-1 в орбитальном полёте



Рис. 8. КА «Метеор-М» № 2-2 в орбитальном полёте

**Литература**

1. ВНИИЭМ – 70 лет истории предприятия / Под ред. д-ра техн. наук Л. А. Макриденко. – М. : ФГУП «НПП ВНИИЭМ», 2011. – 327 с.
2. Опыт разработки космической платформы для космических аппаратов «Метеор» / А. А. Гусев, И. Ю. Ильина, В. К. Саульский, А. Л. Чуркин // Вопросы электромеханики. Труды ВНИИЭМ. – ОАО «Корпорация «ВНИИЭМ», 2013. – Т. 135. – № 4. – С. 3–12.
3. Космический аппарат «Метеор-3» - третье поколение отечественных аппаратов гидрометеорологического назначения серии «Метеор» / Л. А. Макриденко, С. Н. Волков, А. В. Горбунов, Р. С. Салихов, В. П. Ходненко // Вопросы электромеханики. Труды ВНИИЭМ. – М. : АО «Корпорация «ВНИИЭМ», 2018. – Т. 166. – № 5. – С. 49–56.
4. Космический аппарат природно-ресурсного, метеорологического и гелиогеофизического назначения «Ресурс-О» № 4 / Л. А. Макриденко, С. Н. Волков, А. В. Горбунов, В. П. Ходненко // Вопросы электромеханики. Труды ВНИИЭМ. – М. : АО «Корпорация «ВНИИЭМ», 2015. – Т. 149. – № 6. – С. 44–50.
5. Комплексный унифицированный гидрометеорологический космический аппарат «Метеор-3М» № 1 / Л. А. Макриденко, С. Н. Волков, А. В. Горбунов, Р. С. Салихов, В. П. Ходненко // Вопросы электромеханики. Труды ВНИИЭМ. – М. : АО «Корпорация «ВНИИЭМ», 2018. – Т. 167. – № 6. – С. 57–66.
6. С. А. Стома, Ю. В. Трифионов. Геостационарная космическая система «Электро» (ГОМС): предпосылки создания и структура // Труды ВНИИЭМ. – М. : НПП ВНИИЭМ, 1998. – Т. 98. – С. 5–16.
7. Космический комплекс гидрометеорологического и океанографического обеспечения «Метеор-3М» с космическим аппаратом «Метеор-М» № 1. – М. : ФГУП «НПП ВНИИЭМ», 2009. – 147 с
8. Космический комплекс гидрометеорологического и океанографического обеспечения «Метеор-3М» с космическим аппаратом «Метеор-М» № 2 / Под редакцией д-ра техн. наук Л. А. Макриденко. – М. :ОАО «Корпорация ВНИИЭМ», 2014. – 158 с.

Поступила в редакцию 03.06.2019

*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»).*

*Владимир Павлович Ходненко, доктор технических наук, главный научный сотрудник, т. (495) 624-94-98.*

*E-mail: vniiem@orc.ru.*

*(АО «Корпорация «ВНИИЭМ»).*

## UNIFIED SPACE PLATFORM RESURS-UKP

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

*In the context of upgrading of space systems for hydrometeorological and natural resources monitoring, FGUE 'NPP VNIIEМ' and FGUE 'NIIEM' have jointly developed a unified multi-purpose space platform of new generation for Earth remote sensing satellites called Resurs-UKP. The article specifies the main characteristics of Resurs-UKP. A number of technical innovations have been implemented in the specified platform, a high level of unification for resolving multi-objective ERS problems has been achieved for the first time. The main characteristics, design-layout diagram and general view of Resurs-UKP are provided. Based on Resurs-UKP platform 14 satellites have been developed by 2019, and the activities aimed at augmentation of the orbital constellation comprising meteorological satellites are being continued. Development of Resurs-UKP satellite platform provided the possibility to ensure the maximum currently achievable degree of unification, high level (according to international standards) of platform parameters and interfaces, which allowed successful integration of modern and advanced world-class ERS data measuring devices manufactured both in Russia and abroad into the satellites.*

**Key words:** satellite, unified multi-purpose space platform, Resurs-UKP, satellite platform, design-layout diagram, orbital constellation, data measuring devices.

### References

1. VNIIEМ: a 70-year history / Edited by L. A. Makridenko, Doctor of Technical Sciences. – М. : FGUE 'NPP VNIIEМ', 2011. – 327 p.
2. Experience of development of a space platform for Meteor satellites / A. A. Gusev, I. Iu. Ilina, V. K. Saulskii, A. L. Churkin // Matters of Electromechanics. VNIIEМ Proceedings. – 'VNIIEМ Corporation' JSC, 2013. – Vol. 135. – № 4. – P. 3–12.
3. Meteor-3 satellite: third generation of national hydrometeorological satellites of Meteor series / L. A. Makridenko, S. N. Volkov, A. V. Gorbunov, R. S. Salikhov, V. P. Khodnenko // Matters of Electromechanics. VNIIEМ Proceedings. – М. : 'VNIIEМ Corporation' JC, 2018. – Vol. 166. – No. 5. – P. 49–56.



4. Meteorological, helio-geophysical and natural resources monitoring satellite Resurs-O № 4 / L. A. Makridenko, S. N. Volkov, A. V. Gorbunov, V. P. Khodnenko // Matters of Electromechanics. VNIIEEM Proceedings. – M. : ‘VNIIEEM Corporation’ JC, 2015. – Vol. 149. – №. 6. – P. 44 – 50.
5. Integrated unified hydrometeorological satellite Meteor-3M № 1 / L. A. Makridenko, S. N. Volkov, A. V. Gorbunov, R. S. Salikhov, V. P. Khodnenko // Matters of Electromechanics. VNIIEEM Proceedings. – M. : ‘VNIIEEM Corporation’ JC, 2018. – Vol. 167. – №. 6. – P. 57 – 66.
6. S. A. Stoma, Iu. V. Trifonov. Geostationary space system Electro (GOMS): development background and structure // VNIIEEM Proceedings. – M. : NPP VNIIEEM, 1998. – Vol. 98. – P. 5 – 16.
7. Hydrometeorological and oceanographic space system Meteor-3M comprising Meteor-M № 1. – M. : FGUE ‘NPP VNIIEEM’, 2009. – 147 p.
8. Hydrometeorological and oceanographic space system Meteor-3M comprising Meteor-M № 2 / Edited by L. A. Makridenko, Doctor of Technical Sciences. – M. : ‘VNIIEEM Corporation’ JSC, 2014. – 158 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.), 1<sup>st</sup> 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.  
**Vladimir Pavlovich Khodnenko**, Doctor of Technical Sciences (D. Sc.), Chief Researcher,  
tel.: +7 (495) 624-94-98, e-mail: vniiem@orc.ru.  
(JC «VNIIEEM Corporation»).